Der Boden und die atmosphäris... Luft in allseitigen ...

Adam Peter Reuter

Oec. 1459 f
Reuter

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Der Boden

und

die atmosphärische Luft

in

allseitigen materiellen, gasförmigen und dynamischen Einwirkungen auf Ernähren und Gedeihen der Pflanzen

mit

Bezug auf Land- und Forstwirthschaft

von

Dr. Reuter,

königl. bayerischem Professor der Mathematik am Gymnasium zu Aschaffenburg.

Min. d. Innern

Frankfurt am Main, 1883.

Gedruckt und verlegt von Johann David Sauerländer.

Digitized by Google

[illegible]
MONACHASIS.

Digitized by Google

Bayerische Staats-Bibliothek München

Dem königlich bayer'schen Professor der Chemie an der polytechnischen Centralschule in München, künftigem Direktor der polytechnischen Schule zu Augsburg,

Herrn Dr. Franz Leo,

seinem

ehemaligen Mitschüler und vieljährigen Freunde

widmet diese Schrift

zum

Beweise seiner aufrichtigen Freundschaft

der Verfasser.

Digitized by Google

Digitized by Google

Vorrede.

Die Fortschritte der Naturwissenschaften bereichern Land- und Waldwirthschaft täglich mit mehr rationellen Grundsätzen, beseitigen fehlerhafte Verfahrungsarten, führen neue, zweckmäßigere und den verschiedenen Produkten entsprechendere ein, befördern die Produktion des Wiesen-, Acker- und Waldbaues, helfen durch Veredlung der landwirthschaftlichen Produkte die Bedürfnisse einzelner Menschen, ganzer Gemeinden und Staaten befriedigen und begründen jene, zu eigentlichen Wissenschaften erhoben, immer mehr. Beide treten hierdurch aus der Empirie, welche in ihnen weit mehr als in je einem Zweige des menschlichen Wissens der Wissenschaft vorangeeilt war und noch ist, heraus; die Naturwissenschaften stellen allmählig dasjenige fester, was Erfahrungen lange vorher gefunden, und Gebräuche fortgepflanzt hatten, und machen besonders durch ihren chemischen Theil eine wissenschaftliche Behandlung möglich.

Digitized by Google

Früher machte man an den Feld- und Waldboden weit geringere Forderungen; er konnte die Bedürfnisse der Einzelnen leicht befriedigen. Seitdem aber wegen zunehmender Bevölkerung, Vertheilung der Güter ꝛc., die landwirthschaftlichen Produkte zu mehr Zwecken verwendet, die Bedürfnisse gesteigert, die Waldungen wegen Bestreitung vieler derselben und wegen Vermehrung des Ackerbodens auf Kosten des Waldbodens stets vermindert werden, wie der steigende Holzmangel, kenntlich an den steigenden Holzpreisen, beweiset, seit dieser Zeit ist man ernstlichst darauf bedacht, natürliche und künstliche Produktionen mit Bezug auf die größte Menge und Vollkommenheit der Pflanzen möglichst aufmerksam zu betrachten, zu verbessern und zu vermehren.

Zur Erreichung dieses Zweckes ist das Studium der Naturwissenschaften und die Anwendung ihrer Gesetze der sicherste Weg; ohne sie lägen Land- und Forstwirthschaft noch in tiefem Schlummer und würden, nach der altherkömmlichen Weise betrieben, weder Künste noch Gewerbe bereichern, noch die Bedürfnisse der Producenten und aller daraus Nahrung und Nutzen Ziehenden befriedigen können. Boden und Pflanzen mußten Gegenstände vorzugsweiser Aufmerksamkeit werden; allein mit der Bezeichnung und Benennung der einzelnen Pflanzen konnte man sich nicht begnügen, sondern eigentliche Pflanzenkunde unter besonderem Bezuge auf innere und äußere Theile, auf Bau und vor allem auf Ernähren und Wachsen von der ersten Entwickelung des Keimes bis zur Blüthe und Samenreife mußte die Aufmerksam-

Digitized by Google

keit der Naturforscher um so mehr anregen, als man immer deutlicher einsehen lernte, daß durch äußere Störungen, durch Überfluß oder Mangel an Nahrung und atmosphärische Einwirkungen mittelst Licht, Wärme, Feuchtigkeit ꝛc. in der Produktion wesentliche Veränderungen, oder Krankheiten, oder Ausgehen der Pflanzen entstehen. Die Vermeidung vieler nachtheiliger Einflüsse ist durch genaue Kenntniß des Bodens, der Düngungsstoffe, der Kräfte und Einwirkungen auf die Pflanzen und der atmosphärischen Verhältnisse möglich.

Eine gründliche Untersuchung des ganzen Pflanzenlebens auf naturwissenschaftlichem Wege; eine Zergliederung der quantitativen und qualitativen Mischungstheile des Bodens und der Pflanzen mit besonderer Beziehung auf atmosphärische Einflüsse u. dgl. scheint man jedoch noch nicht so zu betreiben, wie es die Sache erfordert, woraus man es erklären muß, daß diese Theile des naturwissenschaftlichen Studiums noch nicht zu derjenigen Stufe gekommen sind, um die Gesetze des Pflanzenlebens daraus zu entwickeln, auf die Produktionslehre mit Sicherheit anzuwenden und hierdurch diese neue Wissenschaft, worauf das Wohl der Einzelnen eben so gut als der Nationalreichthum und die sichere Begründung der Staatseinnahmen vorzugsweise beruht (wie die Produkte des Land- und Waldbaues thatsächlich beweisen) zu begründen, zu entwickeln und zu vervollkommnen.

Durch die Untersuchungen von Einhof, Hermbstädt, Schübler, Sauſſure, v. Humboldt,

Digitized by Google

Lavoisier und Anderen wurden die Bodenarten sowohl physisch als chemisch hinsichtlich der dauernden und veränderlichen Bestandtheile, der wasserhaltenden Kraft, der Fähigkeit, atmosphärischen Sauerstoff zu absorbiren, mehr oder weniger schnell erwärmt zu werden; der Einwirkungen der verschiedenen Erdarten auf einander; der mancherlei Düngungsmittel zur Vermehrung der nährenden Kraft des Bodens u. s. w. mehrfach betrachtet, untersucht und geprüft. Man beschäftigte sich viel mit jenen und ihren verschiedenen Eigenschaften sowohl wegen ihres mittelbaren als unmittelbaren Einflusses und verbesserte die landwirthschaftlichen Produkte und Verfahrungsarten, wie die Schriften von Thaer, Schwerz und Anderen beweisen.

Zugleich haben die Physiologen, z. B. Ingenhouß, Sennebier, Sauſſure, Schrank, v. Humboldt und Andere, die Entwickelung der Pflanzen aus dem Samen; die Veränderungen jener; die Verrichtungen ihrer Wurzeln, Blätter, Zweige und Stämme; ihre Gefäße, nähere und entferntere Bestandtheile sorgfältig untersucht, rationellen Land- und Forstwirthen sehr unter die Hände gearbeitet und sie in den Stand gesetzt, von den gefundenen Gesetzen für die vegetabilische Produktionslehre Gebrauch zu machen, sie auf Land- und Forstwirthschaft anzuwenden, die bisher gebräuchlichen Verfahrungsarten wissenschaftlich zu prüfen und entweder sicher zu stellen oder durch bessere zu ersetzen.

Die Pflanzen haben ihren Standort im Boden, müssen als lebende Wesen zu ihrem Gedeihen Stoffe

Digitized by Google

aufnehmen, gereizt werden und diese Mittel fortwährend in dem Boden und in der atmosphärischen Luft, als anderes Element, dem sie angehören, vorfinden, wenn sie möglichst vollkommen sich entwickeln und die Bemühungen nebst Kosten der Land- und Forstwirthe belohnen sollen. Aus dem Boden entziehen die Gewächse sowohl materielle als gasförmige Nahrungsstoffe und in ihm geht der eigentliche Oxydationsproceß durch die Wurzeln vor sich, so daß man ihn als eine große chemische Werkstätte anzusehen hat, in welcher die Pflanzennahrung verarbeitet, assimilirt und in das Innere der Pflanzen übergeführt wird. Auch ziehen die Gewächse aus der atmosphärischen Luft sehr viel Nahrung, wozu der Sauerstoff, welcher z. B. den Saft befähigt, in den eigenthümlichen Organen die besonderen Pflanzenstoffe abzulagern, das Meiste beiträgt; durch den Einfluß ihrer übrigen Elemente, Licht, Wärme, Elektricität werden die Nahrungsstoffe desoxydirt und verarbeitet, und durch den Einfluß der Feuchtigkeit die Pflanzen selbst, ihre Verbreitung, Veredlung ꝛc. wesentlich modificirt u. s. w. Der ganze Ernährungsproceß besteht also in einer Einsaugung und Oxydation in dem Boden durch die Wurzeln und in einer Ausdünstung und Desoxydation in der atmosphärischen Luft durch die Blätter.

Der Verfasser hat es versucht, in dieser Schrift die Nahrungselemente durch Boden und atmosphärische Luft im Besonderen aufzusuchen, die zerstreuten Untersuchungen in ein Ganzes zu verarbeiten, auf physisch-chemischem Wege mit besonderem Bezuge auf Land- und Forstwirth-

Digitized by Google

schaft zu erörtern, wie und woraus die oft so üppigen Wachsthumsverhältnisse sich erklären lassen und durch Beobachtungen, Erklärungen und Prüfungen zu beweisen, daß man die Stoffentwickelungen in den Gewächsen nicht einseitig nach den Gesetzen rein chemischer Thätigkeiten, sondern als solche Wirkungen anzusehen habe, welche aus der organischen Verarbeitung selbst hervorgehen, und daß man bei naturwissenschaftlichen Untersuchungen von dem Grundsatze ausgehen müsse, die chemische Qualität der Stoffe werde darum vernichtet, um in ihnen die organische Regsamkeit hervortreten zu lassen.

Den Ernährungsproceß mittelst der Oxydation glaubt er nach seinem ganzen Umfange in der 1ten Abtheilung gewürdigt und dabei nichts übersehen zu haben, was von wesentlichem Einflusse ist. Indem er nicht allein obigen, sondern noch den Grundsatz festhielt, daß die Pflanzen durch ihre eigene Lebensthätigkeit in sich durchaus keine einfachen Nahrungsstoffe erzeugen, sondern sie vermittelst der Wurzeln und Blätter einzig und allein aus den Bestandtheilen des Bodens und der atmosphärischen Luft ziehen und durch den elektrochemischen Wechseleinfluß der materiellen und gasförmigen Bestandtheile und dynamischen Wesen beider Medien ernährt und unterhalten werden, hat er in der 2ten Abtheilung den Proceß der Ausdünstung und Desoxydation in der atmosphärischen Luft durch die Blätter mittelst der gasförmigen Substanzen und der Einwirkungen des Lichtes, der Wärme, Elektricität und Feuchtigkeit möglichst genau und nach allen Beziehungen zu würdigen, dadurch sowohl dem rationellen

Digitized by Google

als praktischen Land- und Forstwirthe zuverlässige Gesichtspunkte für die Erzeugung, Veredlung und Vervollkommnung der nothwendigen Pflanzen in größter Menge und Vollkommenheit zu verschaffen und für die festere Begründung der vegetabilischen Produktionslehre Beiträge zu liefern versucht.

Die Einwirkungen der atmosphärischen Luft hinsichtlich der materiellen und gasförmigen Substanzen; der Reizmittel, Licht, Wärme und Elektricität (wahrscheinlich auch des Magnetismus) und der Feuchtigkeit, in Folge der wässerigen Niederschläge und anderer Verhältnisse, bieten für das Ernähren und Gedeihen, Erhalten und Vervollkommnen, Veredlen und Vervielfältigen der Gewächse unzählig viele Momente dar, ohne deren Berücksichtigung der Gesammt-Ernährungsproceß weder gehörig entwickelt noch eine große Menge von Erscheinungen erklärt werden können: Ihnen widmete der Verfasser besondere Aufmerksamkeit.

Möchten seine aus vieljährigen angestrengten Beobachtungen und Erfahrungen, sorgfältigen Vergleichungen und mühsamen Studien der Naturwissenschaften gewonnenen, in dieser Schrift niedergelegten Ergebnisse ihrem Zwecke entsprechen, rationellen und praktischen Land- und Forstwirthen die beabsichtigte Belehrung und den gehofften Nutzen gewähren, von ihnen günstig aufgenommen und von Sachverständigen nachsichtig beurtheilt werden.

Möchtest endlich auch du, lieber Freund! in der Bearbeitung des Gegenstandes erkennen, daß dein Freund

Digitized by Google

keine Mühe und Anstrengung gescheut, sondern alle Kraft seiner langjährigen naturwissenschaftlichen Studien aufgeboten hat, in der Widmung dieser Schrift ein kleines Denkmal unserer vieljährigen Freundschaft zu errichten.

Sowohl obige wissenschaftlich- als diese freundschaftlich-günstige Aufnahme wünscht

der Verfasser.

Aschaffenburg im August 1833.

Digitized by Google

Inhalts-Anzeige.

I. Abtheilung.

Der Boden, seine materiellen und gasförmigen Bestandtheile für Ernährung der Gewächse.

Seite

I. Allgemeine Gesichtspunkte, Ansichten vom Ernährungsprocesse, Geschäft desjenigen, der ihn erklären will 1

II. Gegenstand dieser Abtheilung, Wichtigkeit und Einfluß der Bestandtheile des Bodens auf die Gewächse 10

III. Die eigentlichen Nahrungselemente bestehen in Erden, Oxyden, Alkalien, Wasser, Luft und organisch-kohlenhaltigen Stoffen; ihre allgemeinen Beziehungen auf einander . . . 21

IV. Entstehung und Wirkung der organisch-kohlenartigen Stoffe, Humus und Humussäure 31

V. Einfluß der verschiedenen Säuren, besonders der Humussäure auf die Erdarten, daraus hervorgehende Nahrungsverhältnisse für die Pflanzen 51

VI. Die Oxyde, Einfluß der Säuren auf sie; daraus hervorgehende Nahrungsstoffe 82

VII. Die Alkalien und ihre verschiedene Verbindungen mit den Säuren, die Asche und andere Düngungsmittel in Bezug auf den Ernährungsproceß 90

VIII. Besondere Beziehungen der verschiedenen Salze, namentlich der humussauren auf den Ernährungsproceß 127

IX. Das Wasser und seine Einwirkung durch Kohlensäure, Sauerstoff u. s. w. 140

X. Die atmosphärische Luft und ihr Einfluß auf Bodennahrung der Pflanzen durch ihren Sauerstoff, Stickstoff und ihre Kohlensäure 161

Digitized by Google

Seite

XI. Einfluß der Nahrungsstoffe auf das Innere der Pflanzen, Ausscheidung und Verhältnisse bei der Bildung des Holzsaftes 173
XII. Allgemeiner Überblick und Schluß 188

II. Abtheilung.

Die Atmosphäre und ihre Einwirkungen auf die Ernährung der Pflanzen.

I. Einfluß der atmosphärischen Luft überhaupt und der materiellen Stoffe im Besonderen 193
II. Einfluß der gasförmigen Substanzen auf die Ernährung der Gewächse 210
III. Das Licht in seiner Einwirkung auf Ernährung und Entwikkelung der Pflanzen 234
IV. Die Wärme in ihrem Einflusse auf die Ernährung und Wachsthums-Beförderung der Pflanzen 259
V. Einfluß der Elektricität auf Ernährung der Gewächse . . 302
VI. Einfluß der atmosphärischen Feuchtigkeit auf die Gewächse . 309

Digitized by Google

Erste Abtheilung.

Der Boden, seine materiellen und gasförmigen Bestandtheile für Ernährung der Gewächse.

Digitized by Google

Digitized by Google

I.

Allgemeine Gesichtspunkte für den Ernährungsprozeß; Geschäft desjenigen, der ihn erklären will.

Nachdem in Folge der Keimbedingungen, wozu man Gegenwart von Lebenskraft, Feuchtigkeit, Sauerstoff, Licht und von einem angemessenen Wärmegrade vorzüglich rechnen muß, aus dem Samen der Keim sich entwickelt, seine Samenlappen verloren hat, und allmählig in Wurzeln, welche in die Erde eindringen, mittelst des nach dem Lichte strebenden Federchens in Blätter auszulaufen beginnt, bedarf die hieraus sich entwickelnde junge Pflanze, gleich jedem anderen organischen Körper, bestimmte, zur weiteren Ausbildung und Vergrößerung ihres Wurzel- und Blättersystemes, zur Lebensäußerung, inneren Entwickelung und Vollendung ihrer verschiedenen Vegetationsperioden nothwendige Nahrungsstoffe. In dem Keime, welcher bekanntlich aus zwei besonderen Theilen besteht, wovon der eine nach unten, der andere nach oben gerichtet ist, wird also der Weg und das Werkzeug bezeichnet, auf welchem und durch welches die sich entwickelnden Pflanzen ihre Ernährung bewirken, woher sie die Mittel zu dieser nehmen, und wodurch sie die Aufnahme der Stoffe selbst veranlassen müssen.

Jener abwärts gehende Keimtheil bezeichnet als Behälter der Nahrungsstoffe den Boden mit seinen materiellen, gasförmigen und dynamischen, dieser aufwärts gerichtete die atmosphärische Luft mit denselben Bestandtheilen. Dieses sind

Digitized by Google

demnach die beiden Medien, welche die Pflanze umgeben, denen sie angehört, und aus welchen sie die zu ihrer Ernährung, Erhaltung und Lebensentwickelung erforderlichen Stoffe zu entnehmen hat.

Es ist allgemein anerkannter Erfahrungssatz, daß die Pflanzen während ihres Wachsthumes je nach der Stufe ihrer Entwickelung nicht allein verschiedene Mengen von Nahrungsstoffen bedürfen, gemäß deren sie ihr Volum und Gewicht vermehren, neue Wurzeln und Äste treiben, ihren eigentlichen Stamm vergrößern und sich immer kräftiger entwickeln, sondern auch in der einen Lebensperiode diesen, in der andern jenen Stoff verlangen. Gleich bekannt ist, daß ihre Ausbildung nur allmählig erfolgen muß und durch Überreiz nicht beschleunigt werden darf, da Beobachtungen zeigen, daß zu sehr beschleunigtes Keimen und zu rasches Wachsen frühes Absterben der Pflanzen zur Folge hat *).

Da Wurzeln und Blätter diejenigen Werkzeuge sind, vermittelst welcher die Gewächse ihre Nahrung aufnehmen, so folgt hieraus, daß im Allgemeinen ihre eigentlichen Lebensverrichtungen mehr durch äußere als innere Reize unterhalten werden, daß sie diese ununterbrochen bedürfen, und daß die Lebenskraft ihrer Organe oft zu schwach ist, den Kampf gegen die Einwirkung schädlicher Potenzen zu bestehen. Zu jenen Reizen muß man im Besondern das Sonnenlicht, die Wärme, die elektrischen und magnetischen Verhältnisse, die Feuchtigkeit mit den aus der atmosphärischen Luft erfolgenden Niederschlägen und den Sauerstoff, welcher sich sowohl in jener als in dem Boden in in Folge mancherlei Prozesse und der eindringenden Luft vorfindet, rechnen. Diese modificiren zwar auch die Funktionen der thierischen Maschine; allein die in ihr durch sie hervor-

*) Beispiese hiervon habe ich in Kastners Archiv der gesammten Naturlehre, Heft 4. Bd. XVI. und Heft 1. Bd. XVIII. mitgetheilt, wo ich die Keimung näher betrachtete.

Digitized by Google

gebrachten Veränderungen sind weniger auffallend und mächtig, als der Einfluß derselben auf die Organe der Vegetabilien.

Aus der täglichen Erfahrung erhält man Beispiele, daß z. B. eine kalte Frühlingsnacht die aufgebrochene Knospe tödtet; daß Sträucher, welche an Befeuchtung mit Regenwasser gewöhnt sind, durch Begießung mit Brunnenwasser entblättert werden; daß durch Einwirkung des kohlensauren Gases jedes Gewächs verwelkt und daß überhaupt oft durch sehr geringe Veränderungen in dem einen oder andern Medium die Entwickelung mancher Vegetabilien entweder gestört oder befördert wird, wogegen sie für den thierischen Körper gar nicht oder nur in sehr geringem Grade einflußreich werden.

Von den atmosphärischen, in dynamischer, materieller, gasförmiger und chemischer Beziehung wirkenden Verhältnissen wird die Pflanze eben so gut bestimmt, als von dem Boden und seinen Bestandtheilen; für sie als organischen Körper, und für ihre Ernährung ist daher sowohl die Kenntniß der Grunderden, aus welchen der sie aufnehmende Boden zusammengesetzt ist, als auch die des Verhältnisses, das zwischen den Erdarten und den Bestandtheilen der Pflanzen selbst stattfindet, durchaus nothwendig, um über die Ernährung der Wiesen-, Acker- und Waldpflanzen zuverlässige Resultate auffinden zu können. Der Boden mit seinen Bestandtheilen rücksichtlich des Pflanzenernährungsprocesses soll Gegenstand dieser Abhandlung seyn; die atmosphärischen Verhältnisse sollen in einer anderen betrachtet werden.

Die Analysen der Pflanzentheile geben nebst ihren organischen näheren Bestandtheilen z. B. die Pflanzenfaser, der Zucker, das Stärkemehl, der Pflanzenschleim, das Eyweiß, der Kleber, die Harze u. s. w., welche sämmtlich organische Verbindungen sind, aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, theilweise auch Stickstoff bestehen, im Feuer in Kohle verwandelt werden, in den organischen Körpern entweder schon gebildet vorkommen, oder künstlich erzeugt werden u. s. w. noch folgende Körper als Nahrungsstoffe zu erkennen:

Digitized by Google

„Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Kali, Na„tron und Kupfer, welches man in der Angelia Arch„angelica, in den Erbsen und in dem Lycopodium cla„vatum gefunden hat; Jod und Chlor, welches man „in dem Holze und Laube der Esche, Ulme, Hainbuche, „Ahorne, Rothbuche, Linde und Birke zwischen 0,2 und „0,5 Przt angetroffen hat; das Calcium, Talcium, „Mangan, Eisen, Fluor, Alumnium, Sili„cium und Baryum, das bis jetzt in dem Astra„lagus exsapus gefunden wurde und das Circonium."

Diese Stoffe aus dem Boden und die atmosphärischen Einflüsse, besonders die gasförmigen, nämlich der Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und das Silicium, endlich die dynamischen, das Licht, die Wärme und Elektricität bedingen das Leben der Pflanzen und zeigen dem aufmerksamen Beobachter, in wie fern die Vegetabilien mit dem Boden und der Atmosphäre in der innigsten Verbindung stehen, und ihre Nahrung entweder aus ersterem oder letzterem oder aus beiden zugleich hernehmen müssen: Jener dient zum Standorte und Behälter der sich ausbreitenden Wurzeln, diese zur Entfaltung der Blätter, und ist der Behälter des Sauerstoffes und der dynamischen Wesen.

Die aus beiden für die ganze Pflanzenwelt so wichtigen Ernährungselementen sich ergebenden Erscheinungen veranlaßten die Naturforscher zu den oft widersprechendsten Ansichten. Gestützt auf die Thatsache, daß die Erde außer jenen den Gewächsen zur Nahrung dienenden materiellen Stoffen zugleich Feuchtigkeit, Wärme, Luft, mithin auch Sauerstoff, dessen Menge nach der Tiefe erweislich zunimmt, Elektricität und dergleichen nährende oder reizende Elemente besitzt, hat man sich durch mehrere aus Versuchen und Beobachtungen abgeleitete Resultate zu der Behauptung verleiten lassen:

„Die Wurzelfasern saugten Alles, was die Pflanze zu ihrer Ernährung bedürfe aus dem Boden." Man sah daher

dieſen als die alleinige Nahrungsquelle an, und hielt die atmoſphäriſche Luft nicht für erforderlich. In dieſem Sinne haben unter Andern Woodward und Kylbel den Ernährungsproceß betrachtet.

Da man aber auf der andern Seite wahrnahm, daß manche Pflanzen, ohne mit dem Boden auch nur im Mindeſten in Berührung zu ſtehen, fortleben, Blätter treiben u. dgl., und da wirklich viele Beiſpiele dieſer Art ſelbſt dem weniger aufmerkſamen Beobachter unter mancherlei Geſtalten ſich darbieten, ſo ließ man ſich in Folge theoretiſcher Speculationen und Abſtraktionen zu der Annahme verleiten, zur Ernährung der Pflanzen den Boden für überflüſſig zu halten und zu behaupten:

„Die Pflanzen ſeyen vermögend, unter Einfluß des „Lichtes aus dem Waſſer und der atmoſphäriſchen Luft „durch innere Kräfte ohne Beihülfe des Bodens ihre „Nahrungsſtoffe gleichſam ſelbſtthätig zu bilden.“

Dieſe Anſicht ſuchten unter andern Naturforſchern Crelle*) und Braconnot**) geltend zu machen.

Aus den ſpäteren Betrachtungen über ſubſtantielle und gasförmige Nahrungsſtoffe des Bodens wird ſich deutlich ergeben, daß für ſich allein weder der Boden noch die atmoſphäriſche Luft ſelbſt unter Mithülfe des Lichtes und Waſſers die Pflanzen unterhalten und zur Vollendung bringen kann, ſondern daß beide Elemente vereinigt wirken müſſen, wenn jene ihre Lebensperioden durchlaufen ſollen. In Betreff dieſer Anſicht glaube ich mit vollkommener Überzeugung behaupten zu dürfen:

„Die Pflanzen erzeugten durch ihre eigene Lebens„thätigkeit in ſich durchaus keine einfachen Nahrungsſtoffe, „wie man hier und da annehmen will, ſondern entzögen „ſie vermittelſt ihrer Wurzeln und Blätter einzig und

*) Gehlens Journal für Chemie. Bd. X. S. 156 u. d. f.
**) Annalen der Chemie. Bd. LXI. S. 187 u. d. f.

Digitized by Google

„allein aus den Bestandtheilen des Bodens und der „atmosphärischen Luft und würden durch den chemischen „Wechseleinfluß der Bestandtheile beider Medien ernährt."

Jene beiden, allerdings einseitigen Ansichten konnten natürlich aus nichts Anderem, als aus einer schiefen Richtung, welche man den Naturwissenschaften, namentlich der Physik und Chemie, welche die allgemeinen Gesetze über die freilich noch dunkle Sphäre des Pflanzenlebens darstellen müssen, in ihrer Anwendung auf den Ernährungsproceß der Pflanzen gegeben hat, hervorgegangen seyn. Beide Wissenschaften haben vermöge ihres allgemeinen Zweckes die Umstände aufzusuchen, unter welchen und durch welche eine Erscheinung herbeigeführt wird, und während der Beobachtungen zu erforschen, in wie fern wirkende Ursachen jene bedingen; sie haben alsdann die Gesetze zu ergründen, welchen jene Wirkungsarten oder Kräfte bei ihrer Thätigkeit selbst unterworfen sind. Im Besonderen haben sie also rücksichtlich des Ernährungsprocesses der Pflanzen Ursachen und Wirkungen aufzusuchen, durch welche er bedingt wird, wie die Stoffe verarbeitet werden, auf welchem Wege sie zu den Pflanzen gelangen und unter welchen Erscheinungen jener vor sich geht. Nebst diesen beiden Wissenschaften sind zugleich allgemeine Mineralogie, Meteorologie und Physiologie zu berücksichtigen, um die Beziehungen und zureichenden Gründe nachzuweisen, und dasjenige wissenschaftlich zu begründen, was etwa Versuche und Erfahrung gefunden haben.

Da in keinem Theile des menschlichen Wissens die sogenannte Empirie der Wissenschaft weiter vorgeeilt ist, als in der Land- und Forstwirthschaft; da die Gesetze des Pflanzenlebens durch naturwissenschaftliche Untersuchungen noch lange nicht zureichend entwickelt oder erklärt sind, obgleich in den neuesten Zeiten sehr viel dafür geschehen ist, und da die Naturwissenschaften für den Ernährungsprozeß den eigentlichen Prüfstein für die Wahrheit darbieten müssen, so muß das

Digitized by Google

Untersuchungsgeschäft auf diesen beruhen und darf nichts weniger als einseitig seyn. Der Naturforscher muß:

1) die irgend einem der Sinne sich darstellende Erscheinung nebst allen bei der Ernährung obwaltenden Umständen möglichst genau beobachten; alsdann Versuche anstellen und während des Verlaufes derselben diejenigen Umstände beliebig abändern, unter welchen die Beobachtung statt fand, um zu erforschen, von welchem Einflusse letztere etwa bedingt wurde. Hat er hierdurch die Erscheinung an und für sich festgestellt, und weiß er, durch welche Einwirkung dieselbe entweder bleibend ist, oder durch welche sie geschwächt, gestärkt oder auf sonst irgend eine Art abgeändert wird, so muß er sich bemühen

2) alle Ernährungs-Erscheinungen zu erklären und ein Gesetz aufzufinden, unter welches jene gebracht und nach welchem sie genügend erklärt werden können. Hat er bei jenen Erscheinungen nur das erblickt, dargestellt und künstlich erzeugt, was die Natur wirklich hervorbrachte, und hat er sich gegen die so natürliche Täuschung verwahrt, das gesehen oder beobachtet zu haben, was er vielleicht aus voreilig gefaßter Meinung zu sehen wünschte; so wird auch seine Erklärung mehr und mehr zureichend begründet werden und an Allgemeinheit gewinnen. Damit er aber sein Gesetz nicht zugleich als wahres Naturgesetz auszusprechen und dasselbe, wenn es auch allen Beobachtungen und Erscheinungen genügen und sich durch Einfachheit empfehlen sollte, noch nicht als allgemein gültig anzuerkennen versucht wird, so muß er

3) dasselbe zuerst prüfen, d. h. entweder kategorisch oder hypothetisch mit Unpartheilichkeit und Vorsicht untersuchen, was der aufgestellten Theorie gemäß folgen müßte, wenn die Umstände bald auf diese, bald auf jene Art beliebig abgeändert würden.

Nur zu oft lassen sich dergleichen Theorien auf verschiedene Weise enträthseln, wovon uns obige Hauptansichten über die Ernährung der Gewächse thatsächliche Beweise liefern,

Digitized by Google

und die Naturwissenschaften in ihrer Anwendung auf Land- und Forstwissenschaft um so einleuchtendere darbieten, als in letzteren manche technische Operationen und Manipulationen, Ansichten und Meinungen, gestützt auf vieljährige Erfahrungen, angewendet werden, obgleich sie dem eigentlichen möglichst besten und ergiebigsten Zwecke nicht entsprechen. Es giebt in der Land- und Forstwirthschaft viele Fälle, für welche selbst sehr von einander abweichende Theorien Anspruch machen, mit fast gleichen Rechten und Gründen die richtigen zu seyn: Ich erinnere blos an den eigentlichen Wald- und Feldbau; an die Betriebsregulirung und die specielle Bodenbehandlung; an verschiedene Ansichten von Thaer und Schwerz u. s. w.

Der Naturforscher muß daher andere aus Erfahrung oder richtigen Vernunftschlüssen abgeleitete Resultate, wenn die Ursachen auch nicht gerade streng erwiesen sind, als Erklärungsgründe zu Hülfe nehmen, und seine Theorie möglichst sicher stellen. Bewähren sich bei dieser Prüfung alle Folgerungen und bestätigen beim Entstehen noch unbekannt gewesene Erscheinungen dasjenige, was nach der durch Beobachtungen und Erklärungen aufgestellten Theorie a priori gefolgert wurde, so gewinnt dieselbe immer mehr an Wahrscheinlichkeit und Richtigkeit, und erhält endlich meistens völlige Gewißheit. Auf diesem und keinem andern Wege gelangt der Naturforscher zu Ergebnissen, welche auf allgemeine Gültigkeit Anspruch machen, und welche dann auch zu zureichenden Erklärungen dienen.

Hätten diejenigen Naturforscher, welche die Verhältnisse des Ernährungsprocesses der Pflanzen zu entwickeln und auf allgemeine Gesetze zu bringen bemüht waren, ihre Untersuchungen auf dem bezeichneten Wege verfolgt, und Beobachtungen mit Erklärungen und Prüfungen fortwährend verbunden, so würden sie vor einseitigen Hypothesen verwahrt geblieben seyn: Es würden weder Woodward, Kylbel und Andere den Boden, noch Crelle, Braconnot und

Digitized by Google

Andere die atmosphärische Luft mit ihrem Gehalte als die jedesmalige alleinige Nahrungsquelle angesehen haben.

Jede Ansicht hat allerdings mancherlei Gründe für sich, und ist zur theilweisen Erklärung der Erscheinungen des Ernährungsprocesses hinreichend; aber keine ist für sich allein zureichend: Dieses zeigt die kurze Angabe des hierbei nothwendig zu verfolgenden Ganges der Untersuchungen am Einfachsten. Obwohl die Naturkunde im Allgemeinen mehr durch Beobachtungen und darüber angestellte Versuche, als durch bloße theoretische Abstraktionen und Spekulationen bereichert wird, und durch ihre Anwendung auf technische Lebensverhältnisse vorzugsweise gewinnt, so muß man doch, um anders zu zuverlässigen Wahrheiten zu gelangen, die aus jenen Beobachtungen und Versuchen abgeleiteten Resultate erst genau prüfen. Dieser Theil des Untersuchungsgeschäftes fällt einzig und allein den philosophischen Deduktionen und der Mathematik anheim.

In wie fern man durch eine solche sorgfältige Prüfung und Sichtung der verschiedenartigen Meinungen manche Täuschung und unrichtige Folgerung vermeiden kann, zeigt die Geschichte der Naturkunde und zeigen es in Betreff des Ernährungsprocesses die Untersuchungen von Ingenhouß, Senebier, Humboldt, Saussure und Anderen, besonders die von John *), woraus man erkennt, daß die meisten früheren Darstellungen von den Verhältnissen jenes Processes auf einseitige Speculationen hinausgingen, die zu nichts weniger als zu zuverlässigen Resultaten führen konnten.

*) Über die Ernährung der Pflanzen im Allgemeinen und den Ursprung der Pottasche im Besonderen: Berlin, 1819; gekrönte Preisschrift.

Digitized by Google

II.

Gegenstand dieser Abhandlung; Wichtigkeit und Einfluß der Bestandtheile des Bodens auf die Gewächse.

Seitdem man die Naturwissenschaften, namentlich die Physik, Chemie und Meteorologie, in das Gebiet der Forst- und Landwirthschaft einzuführen, letztere von ihrer empirischen Seite zu entfernen, und ihr eine mehr spekulative, eigentlich wissenschaftliche Richtung zu geben sich bemühete, hat man hier und da auch für die Gewächse, welche die Basis derselben ausmachen, die verschiedenen Bestandtheile des Bodens und den Einfluß der atmosphärischen Luft berücksichtigt, um die Ernährungsweisen jener beleuchten, und den Forst- und Landmann mit den Erscheinungen derselben bekannt machen zu können. Meines Wissens hat man es aber noch nicht versucht, die Nahrungselemente aus dem Boden im Besonderen aufzusuchen, und mittelst chemisch-analytischen Weges nachzuweisen, wie und woraus sich die oft so üppigen Wachsthums-Verhältnisse der Wald- und Landpflanzen zureichend erklären lassen.

Wenn man in besonderer Beziehung auf die Waldungen die jährlichen Zuwachsprocente, die forstlichen Ertragsausgleichungen, die Zuwachsberechnungen einzelner Bäume, die Waldbenutzungs- und mancherlei andere Verhältnisse berücksichtiget, so kann man nicht umhin anzunehmen, daß in der größeren oder geringeren Menge der den Forstgewächsen aus dem Boden zukommenden Nahrungsstoffe die zuverlässigsten Ursachen von oft wesentlichen Modificationen jener Beziehungen und ihrer Ergebnisse zu suchen sind.

Obgleich dieser Mangel solcher Entwickelungen für die Beförderung der Land- und Forstwirthschaft sehr fühlbar ist, indem erst in unseren Tagen die Anwendung der Naturwissenschaften, namentlich ihrer chemischen und dynamischen Seite zur wissenschaftlichen Begründung des von der Empirie Aufge-

Digitized by Google

stellten und durch den vieljährigen Gebrauch gleichsam Eingebürgerten versucht wird; obgleich eine genaue Erörterung des Ernährungsprocesses der Acker- und Waldpflanzen, Sträucher, Unkräuter ꝛc. für den Bestand der Felder, Wiesen und Waldungen höchst wichtig ist, so scheint man sich doch wenig um diesen Gegenstand bekümmert, und sich höchstens in philosophischen Abstraktionen gefallen zu haben *).

Um die sämmtlichen Verhältnisse des Ernährungsprocesses, in so fern er die Bestandtheile des Bodens betrifft, mit besonderer Hinweisung auf Acker- und Waldvegetation erörtern, und die hierüber herrschenden Ansichten nach dem bezeichneten dreifachen Gesichtspunkte, dem der Beobachtung, Erklärung und Prüfung gegen einander halten zu können, scheint vor Allem die Beschaffenheit der Nahrungsstoffe, die Art und Weise, wie sie das Ernährungsgeschäft vollbringen, endlich die Verarbeitung und Assimilation derselben die vorzüglichste Aufmerksamkeit zu verdienen.

Seit fünf Jahren sammelte ich zur Bearbeitung dieses Gegenstandes die erforderlichen Materialien durch Beobachtungen, Versuche und hierauf sich beziehende Schriften, und gewann aus vielen Thatsachen die Überzeugung, daß die Kenntniß der Grunderden, ihres Verhältnisses zu einander und der unorganischen und organischen näheren und entfernteren Bestandtheile der Gewächse für ihren Ernährungsproceß ein wesentliches Erforderniß sey: Hierbei beachtete ich aber wohl, daß Physik, Chemie, Physiologie der Gewächse und Meteorologie den Weg vorzeichnen müßten, auf dem das erwünschte Ziel erreicht werden könnte.

Für die oben als Nahrungsstoffe bezeichneten Körper ist

*) Diesen Gegenstand brachte von Hundeshagen in seinen Beiträgen zur Forstwissenschaft I Bd. 3tes Heft in der Abhandlung: „Über den Einfluß der Bodenkraft auf den forstlichen Betrieb und Material-Ertrag der Wälder," in Anregung, und lieferte dem Forstmanne in mehrfacher Beziehung eine sehr willkommene Arbeit.

Digitized by Google

der Boden gleichsam die Werkstätte, in welcher sie durch physisch-mechanische und chemische Processe verarbeitet, und in aufnehmbaren Zustand versetzt werden. Die in ihn eindringenden Wurzeln befestigen sich allmählig mehr, und werden diejenigen thätigen Werkzeuge, durch welche jene Stoffe in das Innere der Gewächse geführt werden. Nun kann, gemäß des alten Wahrheitsspruches: „corpora non agunt, nisi soluta" kein Körper, bevor nicht das Wasser seinen Zusammenhang getrennt, selbst den der kleinsten Theilchen überwältigt hat, oder sämmtliche Nahrungsmittel chemisch aufgelöst enthält, in die Wurzeln und das Innere der Pflanzen übergehen, mithin sind die Wurzelfunktionen hinsichtlich der materiellen Stoffe eben so wichtig als die der Blätter hinsichtlich der gasförmigen. Erfahrungen haben dargethan, daß durch die Wurzeln das Wasser, der Sauerstoff, die Kohlensäure, die organischen und unorganischen Bestandtheile aufgenommen werden, durch die Blätter aber das Wasser sowohl ausgedünstet, als eingesogen, vorzüglich aber der Ernährungsproceß durch die dynamischen und gasförmigen, und unfehlbar auch substantiellen Elemente unterhalten wird.

Wenn nämlich nach beendigter Keimentwickelung die jungen Gewächse oder Setzlinge ihre Wurzelfasern, welche so fein sind, daß sie durch ihre Mündungen nur im Wasser sehr fein zertheilte, chemisch aufgelöste Stoffe aufnehmen können, ausbreiten, so sind diese zur Verarbeitung und Aufnahme thätig, und ziehen sowohl das Wasser als auch die in ihm aufgelösten Säfte, Salze und Gase an sich, welche sich durch Einfluß der atmosphärischen Luft in dem Boden entwickeln, in den materiellen Bodenbestandtheilen sich ansiedeln, oder vom Wasser so lange in Auflösung erhalten werden, bis die jungen Pflanzen sie aufzunehmen und zu assimiliren fähig sind. Sie, die Wurzeln, besitzen das Vermögen, die fremden, etwa später zur Nahrung dienenden Stoffe zu zersetzen, in den Zustand der Oxydation zu bringen, und für den weiteren Ernährungsproceß tauglich zu machen.

Digitized by Google

Für die Wachsthums-Beförderung haben demnach die Wurzeln höchst wichtige Eigenschaften und Fähigkeiten, die von Außen aufzunehmenden Nahrungsstoffe mehr und mehr zu verarbeiten, zur Möglichkeit der Aufnahme vorzubereiten, von bestimmten Stoffen eine größere Menge als von anderen zu absorbiren, und aus ihrer eigenen Substanz mit Hülfe der Kohlensäure, der atmosphärischen Luft und des Sauerstoffes bei mäßigem Einflusse von bestimmten Wärme- und Lichtgraden die Nahrung zu bilden.

Hieraus folgt, daß bei dem verschiedenen Wurzelsysteme der Acker- und Waldgewächse die Kenntniß des Bodens und der in ihm vorräthigen oder durch was irgend für Verhältnisse zu ihm gelangenden Stoffe und Kräfte für das Wachsthum, für die Bildung der aus vielen Gefäßen bestehenden Pflanzenfaser, des Markes, Splintes, der Rinden und Früchte sehr wichtig ist. Sowohl die chemische Constitution als auch die physischen Eigenschaften desselben sind um so aufmerksamer zu betrachten, und die Kenntniß von ihnen ist eine um so weniger erläßliche Bedingung, als ein Boden in Folge seiner chemischen Zusammensetzung oft nichts zu wünschen übrig läßt, aber doch wegen irgend eines physischen Fehlers sehr unfruchtbar ist.

Der Boden, als ein Gemeng der verschiedenartigsten Körper, entstanden durch Verkleinerung der Mineralien, durch Verwitterung in Folge der Einwirkung des atmosphärischen Wassers und Sauerstoffes, durch Verwesung organischer Körper, durch künstliche ihm zugeführte Dungmaterialien und mancherlei andere Processe, kann zwar im Allgemeinen in mehrere Hauptbestandtheile zerlegt werden: Allein es kann nicht in der Absicht dieser Abhandlung liegen, diese in mineralogischer oder geognostischer Hinsicht zu betrachten; sondern sie können blos in Bezug auf den größeren oder geringeren Beitrag zur Ernährung der Gewächse berührt, und weniger hinsichtlich ihrer Eigenschaften als vielmehr hinsichtlich ihrer wechselseitigen Zersetzungen und der eben hierdurch bedingten Nahrungsverhältnisse in's Auge gefaßt werden.

Digitized by Google

Wenn sich die verschiedenen Erdarten im Boden berühren, und der erforderliche Feuchtigkeitsgrad nicht fehlt, so erfolgen jene Zersetzungen unaufhörlich, so daß die einzelnen Bestandtheile in Folge der einmal eingeleiteten elektro-chemischen Processe, welche sie unter einander selbst und durch Einfluß auf vorhandene mineralische und organische Stoffe ausüben, sich niemals vollkommen ausgleichen können, weil atmosphärischer Sauerstoff, Licht, Wärme und Wasser, welches sowohl von oben als von unten andringt, unaufhörlich chemisch thätig sind. Auch lassen selbst die Wurzeln zufolge ihres Zersetzungsvermögens jene Bestandtheile nie zur Stetigkeit gelangen. Man weiß aus Erfahrung und Versuchen, daß sie den kohlensauren Talk und Kalk zerlegen, und die Bestandtheile des Untergrundes zu den oberen Erdschichten bringen, was für die Acker- und Waldvegetation in Folge der verschiedenen Wurzelgröße der Pflanzen von höchst wohlthätigem Einflusse ist.

Für eine genaue, allgemein und leicht verständliche Darstellung und Würdigung der Verhältnisse, welche den Ernährungsproceß in materiellem Sinne bedingen und vorzugsweise charakterisiren, muß man übrigens unter den Bestandtheilen des Bodens die ursprünglichen oder natürlichen von den veränderlichen oder organischen wohl unterscheiden. Jene dienen den Gewächsen blos zum Standorte, und geben an sie wenig oder gar keine Nahrung ab, wenn sie mit diesen nicht vermengt und durch den Einfluß der verschiedenartigen Säuren, z. B. der Humussäure, Schwefelsäure, Kohlensäure, Phosphorsäure u. dgl. chemisch angegriffen, zersetzt, und in nährende Stoffe umgewandelt werden. Sie besitzen nämlich an und für sich eine gewisse mineralische, ihnen gleichsam einwohnende Kraft, durch welche sie vermögend sind, niedere Gewächse hervorzubringen, welche nach ihrem Absterben verwesen, und dadurch gleichsam die Grundlage zu den veränderlichen oder organischen Bestandtheilen des Bodens, des sogenannten Humus, bilden, welche für die Wachsthums-Ent-

Digitized by Google

wikelungen der Pflanzen die meisten nährenden Stoffe abgeben.

In Betreff der physischen Eigenschaften der Erdarten, welche den Boden bilden und charakterisiren, haben mehrere Naturforscher, unter Anderen Professor Schübler *) höchst lehrreiche, jedoch nicht zureichende Untersuchungen angestellt, und die daraus abgeleiteten, aber nicht bei allen Erdarten gültigen Resultate mitgetheilt, welche in verschiedene Schriften übergegangen sind. Diese Eigenschaften betreffen im Besonderen die specifische Schwere; die wasserhaltende Kraft; das Vermögen, den Sauerstoff und die Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft anzuziehen; die Festigkeit und Cohäsion im trocknen und nassen Zustande; die Verminderung des Volum's durch das Austrocknen und der Festigkeit in Folge des Durchfrierens; die durch den Einfluß des Sonnenlichtes hervorgebrachte verschiedenartige Erwärmung; das Vermögen, Licht zu verschlucken, und es für die Pflanzen, welche tiefer in den Boden hinabreichen, fortzuleiten oder wieder zu entlassen und endlich das elektrische Verhältniß der Erdarten **).

Im Allgemeinen belehrt uns die Erfahrung, daß die Pflanzen nicht alle Körper, welche als Nahrungsstoffe in dem Boden vorkommen, aufnehmen; denn häufig trifft man in einem Boden sehr viele Körper an, welche die chemische Analyse der auf ihm vegetirenden Pflanzen nicht zu erkennen gibt. Diese Thatsache beweist uns, daß man von den in einer

---

*) Landwirthschaftliche Blätter von Hofwyl 1817.

**) Die meisten dieser Eigenschaften wurden in einem Aufsatze: Über die Bedingungen der Keimentwickelung u. s. w. in Kastners Archiv Bd. XVI und XVIII und in der Forstzeitung 1829 December und 1830 April bis Mai betrachtet; auch werden sie später an manchen Stellen zur Sprache kommen. Volumsverminderung durch Austrocknen, Festigkeit ꝛc. haben für den Waldboden entfernte, um so nähere Beziehung aber für den Ackerboden, da Lockerheit die erste Bedingung aller Vegetation ist.

Digitized by Google

Pflanze vorgefundenen Bestandtheilen nicht vollkommen sicher auf eben dieselben des Bodens schließen könne, wie Zierl zu meinen scheint *). Auch zeigt sie uns, daß manche Pflanzen nur auf gewissen Bodenarten vorkommen; denn in der Wald- und Landkultur spricht man unter andern von einer Sand- und Kalkvegetation, weil verschiedene Pflanzen z. B. die Caucalis grandiflora, die Buchen, Ahornen, Eschen, Ulmen, Hainbuchen, Linden, Pappeln, Fichten, Lerchen und andere zu ihrer Ausbildung viel Kalkerde bedürfen, und deswegen nur auf Kalkboden wachsen, welcher im Allgemeinen die mannigfaltigsten, zahlreichsten und üppigsten Gewächse hervorbringt, und weil dagegen andere z. B. der Ginster, die Heide, die Pfrieme u. dgl. auf diesem Boden entweder gar nicht oder weniger gut fortkommen, wohin der Forstmann die Kiefer, Eiche und Birke rechnet. Diese oft auffallende Erscheinung läßt sich theils durch die Natur der Pflanzen selbst, theils durch die physische und chemische Beschaffenheit des Bodens zureichend erklären.

Es gehört ferner zu den ältesten und allgemein bekannten Beobachtungen, daß die Pflanzen sowohl den Wald- als Ackerboden aussaugen, wenn sie ihm nach ihrer Entwickelung entzogen, die Produktivkräfte durch natürliche oder künstliche Mittel nicht gesichert oder ersetzt werden, und daß sie ihn für die nachfolgende Vegetation mehr oder weniger kraftlos machen. Nur der gut geschützte und bepflanzte Waldboden macht durch die Produkte der Verwesung der jährlichen Baumabfälle, bestehend in Blättern, Rinden, Holz, Früchten ꝛc. eine Ausnahme, und versieht sich hierdurch selbst mit pflanzennährenden Stoffen, welche dem Ackerboden, bei dessen Bepflanzung

*) In einer Abhandlung: Die Propädeutik des Wald-, Wiesen-, Feld- und Gartenbaues; in den Jahrbüchern der königl. Baier. landwirthschaftlichen Lehranstalt zu Schleißheim von Schönleutner und Zierl Bd. III. Nebst vielem Trefflichen findet man darin manches Unhaltbare. — An einem anderen Orte mehr hierüber.

Digitized by Google

die Abnahme der Gewächse der erste Zweck ist, durch die Kunst zugeführt werden müssen. Durch diesen künstlichen Dünger werden der Landkultur, und durch jenen natürlichen der Waldkultur die von den Gewächsen verzehrten Nahrungsstoffe nach Verhältniß der Umstände entweder ganz oder doch wenigstens theilweise ersetzt.

In wie fern nun die mineralischen Bestandtheile des Bodens auf die Ernährung der Gewächse in Folge der ihren Grunderden einwohnenden elektro-chemischen Kraft selbstthätig einwirken, erkennt man im Einzelnen wohl in der Landwirthschaft; zuverlässiger und allgemeiner aber bei der Kultur des Waldbodens. Wollte man diese Wahrheit bestreiten, so würde man die oft sehr auffallende Wirkung von verschiedenen mineralischen Düngstoffen, künstlichen Bodenmengungen und von oft abweichenden chemischen Mischungen der vegetabilischen Substanzen keineswegs erklären können.

Manche Gewächse kommen auf verschiedenen Bodenarten gleich gut fort, was gewiß nicht geschehen könnte, wenn jene vermittelst ihrer Wurzeln nicht das Vermögen besäßen, unter den dargebotenen Nahrungsstoffen eine Auswahl treffen zu können. Diese Thatsache bestätigt der Anbau der Früchte im Gemenge am Zuverlässigsten; denn hierdurch erzielt der Landmann meistens sehr günstigen Erfolg, und auch der Forstwirth zieht daraus große Vortheile, obgleich die Anpflanzung von gemischten Schlägen schon oft der Gegenstand lebhafter Erörterungen war, und bald für, bald gegen die Sache gesprochen wurde. Unter allen Naturforschern hat Sauſſure *) dieses Vermögen durch vergleichende Versuche am Einsichtsvollsten nachgewiesen.

Die Kultur der Waldpflanzen zeigt uns, daß jede Holzart ihre gewissen Boden- oder Gebirgsarten liebt, auf welchen sie selbst bei geringer Bodenkraft gedeiht. So wachsen Kie-

*) In seinem vortrefflichen Werke: Recherches chémiques sur le Végétation.

fern, Birken, Eichen, Lerchen und Fichten auf dem Sandboden sehr gut; Ahornen, Ulmen, Eschen, Buchen und andere aber fast gar nicht. Eichen, Birken, Hainbuchen, Pappeln, Pfrieme, Ginster u. m. a. vegetiren auf dem durch Grauwacke gebildeten Boden meistens sehr üppig, wogegen die Kiefern, welche einen lockeren und warmen Boden lieben, fast nicht fortkommen. Viele andere Beispiele liefern Acker- und Waldgewächse.

Jedoch giebt es wieder viele Holzarten, welche in diesen Beziehungen nicht sehr eigenthümlich sind, sondern für den Fall, wo hinlängliche Bodenkraft vorhanden ist, in verschiedenen Bodenarten fast gleich gut gedeihen. Dagegen giebt es aber viele Forstgewächse, welche selbst bei der höchsten pflanzennährenden Kraft des Bodens doch stets nur an gewissen Gebirgsarten festhängen, und wieder andere, welche diese meiden. So meiden der Erfahrung gemäß die Taxus den Kalk, die Erica den sandigen und kiesigen Boden und überhaupt die eine Baumart diese, die andere jene Bodenart; eben so verhält es sich mit den Pflanzen des Garten- und Feldbaues, welche den Inhalt der künstlichen Produktion ausmachen, und mit den Pflanzen des Wiesen- und Waldbaues, welche weder einer Aussaat noch einer besonderen Pflege während der Vegetation bedürfen.

Gedeihen Pflanzen auf dem Kalkboden eben so gut als auf dem Sandboden, so liegt der zureichende Erklärungsgrund entweder in jenem Vermögen, unter den Nahrungsstoffen auswählen zu können, oder in dem besonderen Umstande, die zur Assimilation nicht tauglichen Stoffe in der Rinde oder auf der Oberfläche der Wurzeln abzulagern, oder endlich darin, daß manche von den Wurzeln aufgenommenen Substanzen, wenn sie weder in die Organe der Pflanzen, noch in deren feste und flüssige Produkte, in die Holzfasern und Säfte, übergehen können, zwischen den Gefäßen selbst ausgeschieden werden.

Der Erfahrung gemäß wird oft eine und dieselbe Bodenart, je nachdem sie mehr oder weniger ernährende oder rei-

Digitized by Google

zende Bestandtheile enthält, die in Folge der Verwesungsgährung thierischer oder vegetabilischer Überreste entstanden sind, je nachdem sie mehr oder weniger günstig zusammengesetzt, gegen den unmittelbaren Einfluß der Sonnenhitze geschützt und die Feuchtigkeit wegen verschiedener anderer äußerer Umstände in größerem oder geringerem Grade zurückzuhalten vermögend ist, in Ansehung ihrer Eigenschaften auf die mannigfaltigste Weise angesprochen.

Forst- und Landwirthschaft liefern im Besonderen viele Beispiele von der Erscheinung, wie oft ein nicht sehr günstig mineralisch zusammengesetzter Boden bei vollkommener Bewaldung oder Bebauung und, für den Waldbau, bei sorgfältiger Schonung gegen das übermäßige Streurechen sehr ergiebig seyn kann, während anstoßende Stellen zu Folge einer schiefen Behandlung oft ganz zu verödden Gefahr laufen. Man hat viele Beispiele, wo z. B. selbst einzelne Holzarten verschiedenartig von einander abweichen, und in dem besonderen Falle, wo sie auf einem ihnen fremdartigen, aber durch seine mineralischen oder organischen Bestandtheile sehr kraftvollen Boden auch noch so üppig wachsen, doch in manchen Grundeigenschaften ausgeartet sind.

Einen sehr sprechenden und belehrenden Beleg für diese Behauptung liefern die Fichten, Kiefern und Aspen: obgleich der aus Porphyr entstandene, feinsandige Lehmboden die ihnen eigenthümliche Bodenart ist, so trifft man sie doch auch auf muschelkalkartigem Boden an; allein auf ihm werden sie, wie Beobachtungen öfters gezeigt haben, leicht kernfaul, hohl und erlangen eine minder dichte, eine schwammige Holzmasse. Unter Andern will Kasthofer *) beobachtet haben, daß die Lerche und Arve, deren natürliche Bodenart der zu einem gewöhnlich grobsandigen, kiesigen und strengen Lehmboden verwitterte Granit ist, auf welchem sie sehr üppig vegetiren,

*) Alpenreise über den Susten ꝛc. Aarau, bei Sauerländer, 1822.

und eigentlich heimathlich sind, auch im Sandboden, aber mit wesentlich verschiedener Holzart, wachsen.

Alle diese und viele andere aus der Forst- und Landwirthschaft entnommenen Beispiele geben aufs Bestimmteste zu erkennen, daß die aus dem Boden den Pflanzen zur Nahrung dienenden Stoffe für ihr Wachsthum den entschiedensten Einfluß ausüben. Viele Forst- oder Ackergewächse kommen namentlich bei Ermangelung von mineralischer oder organischer Bodenkraft entweder gar nicht fort, oder werden alsbald abständig, wenn der Boden einen gewissen Grad von pflanzennährender Kraft nicht mehr besitzt. Bekanntlich dauert z. B. die Hainbuche in schlechtem Boden selten aus, erfordern die Ellern einen fetten Schlamm oder viel Feuchtigkeit und muß die Esche einen guten Boden oder viel Feuchtigkeit und Wärme haben.

Die Bestandtheile der Pflanzen ändern sich im Allgemeinen nach denen des Bodens, worauf jene wachsen. So enthält die Salsola soda im Binnenlande Kali, an dem Meeresufer aber Natron. Die Chenopodeen lieben die Salzsteppen, oder Schutthaufen, in welchen viele salzhaltigen Stoffe vorkommen; dagegen nehmen sie in anderen Bodenarten wieder andere Bestandtheile auf.

Durch diese Thatsachen und Belege für die bisher ausgesprochenen Wahrheiten durfte in allgemeinen Gesichtspunkten angedeutet seyn, welche wichtige Rolle der Boden mittelst seiner mineralischen, metallischen und organischen Bestandtheile, man mag sie physisch oder chemisch betrachten, und mittelst seiner gasförmigen Substanzen für die Beförderung, Erhaltung und Entwickelung der Gewächse spielt. Die physische Beziehung berühre ich hier nur vorübergehend, die chemischen aber werden vorzüglich herausgehoben, weil uns in Betreff derselben sicherere Anhaltspunkte aus der Chemie und dem dynamischen Theile der Physik zu Gebote stehen. Zugleich dürften diese allgemeinen Beziehungen den Weg für die nach-

Digitized by Google

folgenden Betrachtungen vorgezeichnet, und die wichtigsten Gegenstände bemerkbar gemacht haben.

III.

Die eigentlichen Nahrungselemente bestehen in Erden, Oxyden, Alkalien, Wasser, Luft und organisch-kohlenhaltigen Stoffen; ihre allgemeine Beziehungen auf einander.

Die in N. I. angegebenen Stoffe, welche den Pflanzen aus dem Boden zukommen, bestehen theils aus mineralischen und organischen Elementen, welche sich als Erden, Oxyde oder Alkalien darstellen, theils aus gasförmigen; sie werden durch chemische Analysen entdeckt. Jene versteht man gewöhnlich unter der Benennung: „erdige oder Thontheile des Bodens;" sie können unter Einfluß des Wassers vom Sande und Gesteine getrennt werden, machen diejenigen Theile des Bodens aus, welche den Sand kulturfähig machen, und bestehen aus sehr verschiedenen Körpern: Hierzu rechnet man:

„die Kiesel-, Kalk-, Talk-, Alaun- und Ba-
„ryterde; die Kali-, Natron- und Ammoniak-
„salze; den Phosphor, Schwefel und Humus;
„das Eisen und Mangan und endlich die thie-
„rischen Substanzen."

Zu den gasförmigen Elementen gehören die verschiedenen Säuren:

„Die Humussäure, Kohlensäure, Salz-
„säure, Schwefelsäure, Salpetersäure und
„Phosphorsäure; dann noch andere organische
„theils stickstofffreie Säuren, z. B.
„Aepfelsäure, Essigsäure, Schleimsäure,
„Gallussäure, Camphersäure, Gallert-

Digitized by Google

„säure u. dgl. theils auch stickstoffhaltige, z. B. „Harnsäure u. a.“

Alle diese Säuren üben für die Verarbeitung der pflanzennährenden Stoffe bald größeren, bald geringeren Einfluß aus. Ich betrachte sie jedoch nicht nach ihren besonderen Eigenschaften, sondern berücksichtige, die Kenntniß ihrer chemischen Wirkungsarten für Zersetzungen und Verbindungen voraussetzend, blos ihre chemischen Beziehungen auf die Erden und Oxyde und den dadurch vermittelten Einfluß auf die Ernährung und Entwickelung der Vegetabilien.

Die Bodenarten selbst sind aus theils unveränderlichen, oder beständigen, theils veränderlichen oder zufälligen Bestandtheilen zusammengesetzt. Zu den ersteren rechnet man Sand und Thon, zu letzteren aber Kalk, Humus, Metalle und Salze. Selbst die einzelnen Bestandtheile sind wieder nichts weniger als einfache Körper; die Bezeichnungen Schwefelsäure, Salpetersäure u. s. w. deuten auf Schwefel, Salpeter und Sauerstoff hin; Kali besteht aus Kalium und Sauerstoff; hiernach bestehen alle beständigen Bestandtheile aus Verbindung zweier Substanzen, welche oft so innig unter einander vermischt und verbunden sind, daß es schon schwer ist, sie von dem Boden zu trennen, oder ihre Gegenwart in demselben nachzuweisen. Die veränderlichen Bodenbestandtheile enthalten meistens drei, vier und mehr Elemente, welche durch chemische Analysen am Einfachsten erkannt werden.

Um zu erforschen, ob und in welcher Menge ein Körper im Boden enthalten ist, müssen oft sehr zusammengesetzte Versuche angestellt werden; obgleich man sich z. B. über die Gegenwart der salpetersauren Alaunerde leicht vergewissern kann, so läßt sich ihr Gehalt im Boden doch nur höchst schwer bestimmen, weil für die Salpetersäure noch kein Fällungsmittel vorhanden ist. Eben so ist es unmöglich, die Menge der im Boden vorhandenen humussauren Kalkerde genau zu bestimmen, weil dieselbe, obgleich sie in den ätzenden

Digitized by Google

Alkalien löslich ist, sich bei Gegenwart von Humus theilweise in kohlensaure Alkalien verwandelt, welche dann wieder zerlegend auf jenes Kalisalz einwirken: die Chemie befolgt zu diesem Zwecke verschiedene Weisen, bedient sich mancherlei Agenzien und wird an Mitteln hierzu täglich reicher.

In Betreff der ferneren Darstellungen muß noch bemerkt werden, daß man die Begriffe „Kieselerde, Thonerde und Kalkerde," mit denen von Sand, Thon und Kalk nicht für gleichbedeutend halten dürfe; auch die letzteren von den Benennungen „Sandboden, Thonboden und Kalkboden" unterscheiden müsse, weil diese aus gewissen Antheilen von jenen zusammengesetzt sind. Sand- und Thonboden z. B. bestehen aus Sand- und Thontheilen, Sand und Thon aber aus einem chemischen Gemische von Kiesel- und Thonerde, mithin sind diese beiden Erden als die entfernteren, Sand und Thon aber als die näheren Bestandtheile des Sand- und Thonbodens anzusehen.

Da der Sand aus einer Sammlung von größeren oder kleineren Körnern, Kieseln genannt, besteht, welche weder Zusammenhang unter sich haben, noch in Wasser erweichbar, noch in den meisten Säuren auflösbar sind; und da namentlich die Festigkeit seiner Körner dem Eindringen der Feuchtigkeit widersteht, so giebt er auch für die Vegetabilien keine Nahrung ab. Allein seine besonderen Bestandtheile, nämlich der Quarz, Kalk, Augit, Feldspath, Glimmer, das Magneteisen und andere Körper machen ihn unter Einfluß der Humussäure und mancher anderer Säuren zur Abgabe von Nahrung tauglich *).

Übrigens betrachte ich hier weder den Sand, welcher nach Beschaffenheit der Felsarten, aus welchen der ihn vor-

*) Dem Sande einen unmittelbaren Einfluß auf den Ernährungsproceß zuschreiben wollen, würde eine völlig falsche Ansicht verrathen; doch wurden in diesem Sinne schon mehrmals Behauptungen aufgestellt, wobei man sich von dem mittelbaren irre leiten ließ.

Digitized by Google

herrschend enthaltende Boden entstanden ist, noch seine besonderen wegen ihrer Härte und ihres Zusammenhanges der Verwitterung am Meisten widerstehenden Bestandtheile, noch das aus den verschiedenartigsten Gebirgsarten bestehende Gerölle und Geschiebe, z. B. den Gneiß, Granit, Grünstein, Basalt, Kalkstein, Gyps, Urthonschiefer, Porphyr, Kieselschiefer und andere Fossilien im Besonderen, sondern bemerke nur im Allgemeinen, daß alle diese der allmähligen Verwitterung und Auflösung unterworfenen Körper auf die Ernährung der Gewächse großen Einfluß ausüben, wenn sie durch den Proceß der Verwitterung und die im Boden durch Verwesungsgährungen vegetabilischer Überreste entstandene Humussäure in sogenannte Dammerde verwandelt werden, wornach man auch jenen Einfluß beurtheilen muß.

Von diesen Wirkungen der Mineralien, welche auf die Produktivkraft des Bodens sowohl in Bezug auf ihre Bestandtheile als auch auf ihr Verhalten gegen die atmosphärischen Elemente einflußreich werden, erhalten wir in Waldungen die sprechendsten Beweise. Ihr Boden ist eines Theils auf die jenen Körpern gleichsam einwohnende pflanzennährende Kraft, anderen Theils auf die aus ihren jährlichen Abfällen aller Art vermittelst der Gährungen und Verwesungen sich entwickelnden Säuren und humosen Theile und endlich auf die Einwirkung der atmosphärischen Luft beschränkt. Aus diesen Quellen allein müssen die Waldgewächse ihre Nahrungsstoffe entnehmen; dieselben sind aber unter besonderer Beziehung auf die durch Verwesung sich entwickelnde Humussäure und ihren Einfluß auf jene Mineralien, wodurch sie in Dammerde verwandelt werden, so ergiebig, daß man in ihnen den Grund der höchst üppigen Waldgewächse zu suchen hat.

Jene mineralische Kraft der einzelnen Bestandtheile des Waldbodens erkennt man am Interessantesten und Belehrendsten, wenn man beobachtet, daß manche Bodenarten unter Einfluß der atmosphärischen Feuchtigkeit und des Sauerstoffes selbstthätig niedere Pflanzengattungen hervorbringen, und hier-

Digitized by Google

durch die Grundlage für die Befähigung der einzelnen Bestandtheile bilden, zur Ernährung beitragen.

In demselben Grade, in welchem das Wasser zum Behufe der Auflösung der meisten erdartigen Bodenbestandtheile unentbehrlich ist, in demselben üben die früher genannten Säuren auf die materiellen Stoffe in so fern einen sehr wohlthätigen Einfluß für den Ernährungsproceß aus, als sie mit Hülfe der Feuchtigkeit die Zersetzung derselben einleiten und befördern, zugleich aber auch in den Zustand versetzen helfen, als Nahrung von den Gewächsen aufgenommen werden zu können. Manche von ihnen sind im Wasser zum Hydrate vereinigt, oder kommen in chemischer Verbindung mit andern Körpern vor; manche andere, und dieses sind die meisten, sind mit Säuren zu basischen neutralen oder sauren Salzen vereinigt.

Unter allen diesen Säuren werden später Humussäure und Kohlensäure als die einflußreichsten und wirksamsten erscheinen. Jene versorgt die Gewächse mittelst der aus dem Humus sich entwickelnden großen Menge von Kohlensäure mit einer bedeutenden Menge von Kohlenstoff, und bringt hierbei einen Proceß zu Stande, dem man die große Quantität von Kohlengehalt der Holzarten zuschreiben muß, und aus welchem man sehr viele Erscheinungen in der Forst- und Landwirthschaft zu erklären hat. Die Humussäure, obgleich sie durch Einwirkung der Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure aus ihren Lösungen im Wasser niedergeschlagen und hierdurch in einen unauflöslichen Zustand versetzt wird, wird von der im Boden in bedeutender Menge vorkommenden freien und flüssigen Kohlensäure nicht sehr häufig gebunden. Durch dieses chemische Verhältniß gestaltet sie sich zu den wichtigsten Beförderungsmitteln des Pflanzenwachsthums; der Waldboden z. B. zieht daraus für seine Gewächse eine unermeßliche Menge von nährenden Stoffen, welche es größtentheils erklärbar machen, wie es ihm möglich ist, mit Hülfe des natürlichen Düngers die Bäume zu höchst üppigem Wachsen zu

bringen, und ſich ſelbſt noch mit pflanzennährender Kraft zu bereichern, wie die zum Ackerboden benutzten Waldflächen, welche im Beſitze ihrer humoſen Theile in jenen umgewandelt werden, beweiſen.

Indem beide Säuren, vorzüglich in dem humusreichen Boden, neben einander beſtehen, und ſich aus ihrer Löſung im Waſſer wechſelſeitig nicht verdrängen, entſteht für den Ernährungsproceß ſowohl wegen vegetabiliſcher Überreſte, welche durch ihre Verweſung in Humus übergehen, als auch wegen der Entwickelung einer großen Menge von beiden Säuren eine der reichhaltigſten Quellen von Nahrungsſtoffen. In dem Waldboden z. B., wenn er anders ſeine Streubedeckung behält, und durch guten Kronenſchluß der Bäume gegen das durch den direkten Einfluß des Sonnenlichtes bewirkte zu ſchnelle Austrocknen geſchützt bleibt, iſt beſtändig eine Hauptbedingung zu jenen Verweſungsproceſſen, nämlich ein hinlänglicher Grad von Feuchtigkeit, vorhanden.

Eine beſondere Eigenſchaft der Humusſäure beſteht noch darin, daß ſie ſich in ſo fern als die ſtärkere bei dergleichen Proceſſen zeigt, in wiefern ſie die Kohlenſäure aus den mit den Grunderden eingegangenen Verbindungen einigermaßen verdrängt; letztere dieſe Verbindungen aber nur allmählig verläßt, ſich in dem vorhandenen Waſſer auflöſt, und in Folge dieſes Proceſſes den Pflanzen noch früher und ſchneller zur Nahrung dient, als es geſchehen wäre, wenn ſie mit den Grunderden verbunden geblieben wäre.

Da endlich, gleich allen vegetabiliſchen Säuren, welche aus Kohlenſtoff, Sauerſtoff und Waſſerſtoff (bei einigen erſcheint auch der Stickſtoff) vorzugsweiſe die Humusſäure in Folge des Sauerſtoffes, welchen der Boden aus der atmoſphäriſchen Luft abſorbirt (der Humus beſitzt die Eigenſchaft, den atmoſphäriſchen Sauerſtoff zu abſorbiren, in hohem Grade) eine Zerſetzung erleidet, und aus ihrer quantitativen und qualitativen Veränderung während dieſes Proceſſes ſolche Subſtanzen hervorgehen, welche zum Pflanzenleben durchaus erfor-

Digitized by Google

derlich sind, nämlich das Wasser und die Kohlensäure, so wird jedem aufmerksamen Beobachter von selbst erklärbar, daß die chemischen Eigenschaften der Humussäure und Kohlensäure für die Ernährung der Gewächse die einflußreichsten chemischen Zersetzungen und Verbindungen veranlassen. Diese elektro-chemischen Processe, wie uns solche z. B. die Kunst an der Voltaischen Säule darbietet, erhalten um so größeres Gewicht, als während derselben sogar Sauerstoff in verdichteter Gestalt für die Pflanzen gewonnen wird. Jeder, der diese Säuren auch nur nach ihren Elementar-Eigenschaften und Beziehungen zu den Grundstoffen kennt, wird sich von ihrer wohlthätigen Einwirkung auf natürliche und künstliche Produktion und kräftige Entwickelung überzeugen.

Nun bietet der Humus, jene braune, pulverförmige und leicht verbrennliche Substanz, welche den allgemeinen Nahrungssaft der Pflanzen bilden dürfte, und vorzüglich in Mooren und Urwäldern sich findet, manchmal auch Moder genannt, die Humussäure vor Allem dar, mithin macht unter allen Erdarten gerade der Humus den wichtigsten materiellen Bestandtheil des Bodens für den Ernährungsproceß aus. Obgleich derselbe im Allgemeinen dann entsteht, wenn Überreste von thierischen und vegetabilischen Körpern in Verwesungsgährung übergehen, so ist doch der größte Theil des in der Natur vorkommenden aus Pflanzenüberresten gebildet; daher findet er sich überall, wo organische Körper verwesen. Im Ackerboden kommt er nicht rein, sondern stets mit Mineraltheilen verbunden vor; im Waldboden aber, namentlich in Mooren und Urwäldern, wo die Abfälle der Bäume, die Flechten, Moose und andere ähnliche Unkräuter nicht entfernt werden, werden ganze Schichten desselben gefunden.

Bei den nachfolgenden besonderen Erörterungen wird sich jedoch zeigen, daß nicht gerade der Humus an und für sich jenen wichtigen Einfluß für den Ernährungsproceß ausübt, sondern die aus ihm sich entwickelnde Humussäure vermittelst ihrer Hauptstoffe, des Kohlenstoffes, Sauerstoffes und Wasser-

Digitized by Google

stoffes die ersten Nahrungselemente in chemisch gebundenem Zustande enthält. Sie ist jedoch nicht als alleiniges Produkt der Fäulniß und Verwesung organischer Gebilde, sondern auch als das vieler chemischer Zersetzungen von gewissen Pflanzensäften zu betrachten.

Der besondere Umstand z. B., daß vegetabilische Überreste oder ganze abgestorbene Pflanzen, wenn sie unter Einfluß der Feuchtigkeit, des Lichtes, der Wärme, des atmosphärischen Sauerstoffes und der Elektricität, welche solche Processe nicht nur einleitet, unterhält und beschleunigt, sondern auch das Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt und überhaupt auf Säuerung hingeht, jenem Verwesungsprocesse unterliegen, zugleich noch kohlensaures Gas, Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoffgas und in manchen besonderen Fällen auch kohlensaures Ammoniak, Schwefelwasserstoffgas und Phosphorwasserstoffgas entwickeln, deutet in den bestimmtesten Thatsachen auf den großen Beitrag des Humus zur Ernährung der Pflanzen hin.

Die Humussäure befördert an und für sich allein den Ernährungsproceß außerordentlich, und spielt vor Allem für die Waldvegetation die wichtigste Rolle; allein sie wird für die Gewächse doch erst durch die ihr eigenthümliche Eigenschaft, den Übergang der verschiedenen Erden und Oxyde in das Innere derselben zu vermitteln, vorzugsweise nützlich. Da nun die materiellen Nahrungsstoffe aus Erden und Oxyden bestehen, und aus dem Boden in Folge ihres durch den Einfluß des Wassers bedingten aufgelösten Zustandes zu den Pflanzen gelangen, die Humussäure aber, so lange sie ihres erforderlichen Feuchtigkeitsgrades weder durch die Wärme noch Kälte beraubt ist, mit jenen Körpern sich nur in aufgelöstem Zustande zu humussauren Salzen verbinden kann; so erkennt jeder aufmerksame Beobachter der Land- und Forstwirthschaft aus diesen chemischen Beziehungen und Wechseleinwirkungen jenen großen Einfluß, jene nothwendige Bedingung des Humus und der Humussäure für die Acker- und Wald-

Digitized by Google

pflanzen, wenn die im Boden vorhandenen materiellen Nahrungsstoffe nicht wirkungslos bleiben, sondern den Gewächsen förderlich werden sollen.

Einen weiteren Beleg für diese Wichtigkeit bietet die Humussäure durch den Umstand dar, daß sie zu den Grunderden eine sehr starke chemische Verwandtschaft hat, im Wasser löslich ist, wodurch sie gerade jene Eigenschaft erhält, auf die Basen einzuwirken, sie zu zersetzen und den Pflanzenwurzeln näher zu bringen, und daß sie vorzüglich bei der Kieselerde, Thonerde, Kalkerde und Bittererde, bei dem Mergel und den Metalloxyden nebst anderen unveränderlichen Bestandtheilen des Bodens chemische Zersetzungen und Verbindungen einleitet, und endlich sowohl die Verarbeitung als Assimilation dieser Körper befördern hilft.

Zugleich zeigen uns diese allgemeinen Thatsachen noch, daß für diese Verarbeitung aller materieller Nahrungsstoffe das Wasser wegen der in ihm verdichteten Stoffe und die atmosphärische Luft wegen ihres Sauerstoffgehaltes unentbehrlich sind. Die Erfahrung liefert uns Beispiele, daß oft ein Boden alle Substanzen, welche zur Ernährung der Pflanzen beitragen, sowohl in der erforderlichen Quantität als in dem richtigen Mischungsverhältnisse enthält, und doch dann höchst unfruchtbar ist, wenn ihm der zur Lösung der Nahrungselemente nöthige Grad von Feuchtigkeit und der Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffes mangeln.

Für die Bestätigung dieser Behauptung finden wir in der Waldkultur, namentlich an den sogenannten Waldblößen sehr belehrende Belege. Ihr Boden enthält häufig sehr viele Stoffe, welche unter anderen Verhältnissen und Einflüssen üppige Vegetation hervorbringen würden: allein diese Stoffe sind entweder in Folge des Mangels an Feuchtigkeit oder wegen irgend eines anderen ungünstigen Verhältnisses gleichsam gebunden und ohne Wirkung. Auch erhalten wir während jeder im Sommer anhaltenden Dürre Beispiele von den nachtheiligen Folgen des Wassermangels.

Digitized by Google

Schon diese Thatsachen würden hinlänglich beweisen, daß das Wasser vermittelst seiner chemischen Eigenschaften, die atmosphärischen Luftarten anzuziehen, sie gleichsam in sich zu verdichten und den Wurzeln zuzuführen, um den Pflanzen entweder zur Nahrung zu dienen, oder ihnen bei Verarbeitung und Assimilation der übrigen Nahrungsstoffe behülflich zu seyn; und die atmosphärische Luft in Folge ihres Sauerstoffgehaltes zur Umwandlung der Erdarten und Oxyde in eigentliche Pflanzennahrung wesentlich erforderlich sind, wenn man auch keine anderen Belege für diese Behauptungen hätte, wovon sich in der Folge viele ergeben werden.

Fehlt das Wasser, so wird z. B. die Humussäure in einen unauflöslichen Zustand versetzt, kann auf jene Erdarten und Oxyde nicht einwirken, und den Pflanzen weder unmittelbar noch mittelbar zur Nahrung dienen. Bleibt die atmosphärische Luft ausgeschlossen, so ist der Sauerstoff abgehalten, die erforderlichen chemischen Processe einzuleiten und das Ernährungsgeschäft zu bethätigen.

Daß also dem Boden ein gewisser Grad von Feuchtigkeit und der freie Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes nicht fehlen darf, geben diese allgemeinen Beziehungen zu erkennen, und beweisen es die Umstände, wornach nur allein unter ihren Einflüssen die materiellen Stoffe fortwährend angegriffen und zersetzt werden, wornach der atmosphärische Sauerstoff, die Wärme und das Licht, auf's Innigste mit der Luft vereinigte Wesen, die steten Zersetzungen beschleunigen, und die größere oder geringere Thätigkeit oder nährende Kraft des Bodens wenigstens theilweise von diesen verschiedenen Zersetzungen abhängen.

Die bisherigen Erörterungen betrafen nur allgemeine Verhältnisse des Ernährungsprocesses der Gewächse; sie sollten die besonderen vorbereiten und für letztere allgemeine Gesetze enthalten, auf welche ich mich beziehen werde; auf ihnen beruht der größte Theil der durch chemische Wechselwirkung der verschiedenen Bestandtheile, des Wassers, der

Digitized by Google

atmosphärischen Luft, des Humus und der Humussäure erzeugten pflanzennährenden Bodenkraft. Ihre Zusammenstellung in diesem Abschnitte hielt ich daher für besonders nothwendig, um die besonderen Verhältnisse mit vorzüglicher Umsicht behandeln zu können, wobei ich die Erden, wie sie sich im Boden finden, und ihre mineralische Kraft als erwiesen annehme und die Oxyde durch den Einfluß der organisch-kohlenhaltigen Stoffe, namentlich durch den des Humus und der verschiedenen Säuren erst gebildet werden lasse. Die Stoffe bieten durch die sich entwickelnden Säuren die Ursache, und der Humus die Wirkung dar. Von ihm und der Humussäure wird daher ausgegangen.

IV.

Entstehung und Wirkung der organisch-kohlenartigen Stoffe; Humus und Humussäure.

Die beiden Hauptmittel zur Einleitung und Beförderung des Ernährungsprocesses, das Wasser und die atmosphärische Luft, wirken nicht unmittelbar, sondern mittelbar durch die in ihnen enthaltenen Stoffe. Im Wald- und Ackerboden umgiebt den Samen feuchte Erde, in Folge deren die Keimkraft aufgeregt, durch Verbindung des Kohlenstoffes mit dem atmosphärischen Sauerstoffe Kohlensäure gebildet, und dieser chemische Proceß nur mittelbar eingeleitet wird. Dem Wasser und der Luft müssen also Körper dargeboten werden, auf welche sie einwirken sollen. Diese sind zwar gemeinhin in allen zur Nahrung dienenden materiellen und gasförmigen Substanzen gegeben; allein die Vorräthe von zersetzbaren, organisch-kohlenhaltigen Bestandtheilen des Bodens behaupten den Vorzug, und bieten die wesentlichste physische Bedingung dar.

Digitized by Google

Durch den Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffes auf organische Stoffe wird vorzugsweise die Kohlensäure entwickelt. Die Kohle ist derjenige organische Stoff, aus welchem die Grundlage der ganzen Pflanzensubstanz gebildet erscheint, wie Rumford *) durch seine gehaltvollen Versuche und Resultate über die Holzkohle nachgewiesen hat: denn alle organischen Verbindungen, wobei die Pflanzenfaser, das sogenannte Pflanzenskelett, den größten Bestandtheil ausmacht, werden bei abgehaltenem Luftzutritte in Kohle verwandelt; aus ihrer organischen Verbindung sind demnach nebst geringeren Mengen von Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff die organischen Stoffbildungen in der Pflanze zusammengesetzt. Man muß also jene Kohlensubstanz, die übrigen drei genannten Stoffe und das Silicium als die allgemeinen Nahrungsstoffe der Pflanzen ansehen. Letztere verschlucken die in der Atmosphäre und dem Wasser enthaltene Kohlensäure mit Hülfe ihrer Wurzeln und Blätter, zersetzen sie im Sonnenlichte und eignen sich nebst dem Kohlenstoffe noch einen Theil des Sauerstoffes an.

Aus dieser Darstellung folgt, daß jene zwei Elemente die ersten Bedingungen zur Entwickelung von Kohlensäure sind, und eine rein chemische, gleichsam geistige Beziehung auf die organisch-kohlenhaltigen Bodenstoffe haben, welche zwar rein physisch und körperlich zu betrachten, aber für die Kohlensubstanz chemisch zu verarbeiten sind. Sie bilden also die Grundlage für jene und für den Einfluß aller Säuren; ohne sie können weder Wasser, noch Luft, noch Säuren wirken; ohne sie würde aller Vorrath von organischen Stoffen für die Pflanzen völlig nutzlos im Boden sich befinden.

Durch diese Abhängigkeit dreier Hauptbedingungen von einander, die des Wassers, der atmosphärischen Luft und organischen Stoffe, welche zur Entwickelung der Kohlensäure und der aus letzterer gebildeten Kohlensubstanz unentbehrlich sind,

*) Gilbert's Annalen. 15ter Bd. S. 1—40.

wird dem Naturforscher für den Ernährungsproceß der Pflanzen eine der erhabensten und belehrendsten Wechselwirkungen dargeboten. Jede von ihnen besteht wieder aus einer Verkettung von sehr vielen theils näher, theils entfernter liegenden Beziehungen, die sich nur aus einer genauen Kenntniß der chemischen Einwirkungen und Verhältnisse zu einander, der Meteorologie und Physiologie der Gewächse näher nachweisen lassen.

Auf jedem rohen Boden, der aus Verwitterung von verschiedenartigen Felsen und Gebirgsarten entstanden ist, zeigen sich, wenn er dem Einflusse der atmosphärischen Luft ausgesetzt und nur ein geringer Grad von Feuchtigkeit vorhanden ist, zuerst Flechten, Moose, phanerogamische und allmählig größere Gewächse. Diese werden in Folge verschiedener Einflüsse, besonders wegen oft lange anhaltender Trockenheit, oder Mangel an Lockerheit des Bodens ihres vegetabilischen Lebens beraubt; Verwesungs- und Gährungsprocesse treten durch die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes zwischen den Gemengtheilen des Bodens und jenen abgestorbenen Pflanzen ein, und es erzeugt sich hierdurch allmählig so viel Humus, als für die Entwickelung einer, wenn gleich anfangs nur geringen, Menge von Kohlensäure und kohlenhaltigen Theilen erforderlich ist. Zugleich ist durch diesen einfachen Proceß die erste Bedingung zur Entstehung von Humus und zur ferneren Unterhaltung des Ernährungsprocesses durch die Pflanzen selbst herbeigeführt; Licht, Wärme, Feuchtigkeit und atmosphärischer Sauerstoff sind demnach diejenigen Wirkungsmittel, welche die Grundlage zur Produktion höherer Pflanzenganzen hervorrufen.

Da bekanntlich alle während ihrer Entstehung, Ausbildung und ihres Absterbens sich selbst überlassenen, d. h. alle wildwachsenden Pflanzen nach ihrer Verwesung dem Boden mehr organische Stoffe zurückgeben, als sie aus dem Boden aufgenommen haben (denn auch die atmosphärische Luft liefert materielle und gasförmige Beiträge), so folgt aus dieser

Digitized by Google

Thatsache, daß die Menge der organisch-kohlenhaltigen Bestandtheile für den gegen das Streurechen und Stockroden wohlgeschützten Waldboden stets größer werden muß. Für den Ackerboden tritt ein anderes Verhältniß ein; ihm werden die Pflanzen jährlich entzogen und verbleiben theilweise nur einzelne Theile, welche bei Weitem nicht zu ersetzen im Stande sind, was die ganze Pflanze an Nahrungsstoffen verbraucht hat; jene Menge wird daher stets vermindert, wenn nicht durch künstliche Düngung nachgeholfen wird.

In den abgestorbenen vegetabilischen Überresten findet sich die Kohle in reichlichem Maaße, weil die Holzfaser den Hauptbestandtheil des ganzen Pflanzenreiches ausmacht, und den Kohlenstoff zur Grundlage hat. Dieser Stoff, die Kohle, beträgt gemäß der darüber angestellten Untersuchungen, namentlich gemäß der Verkohlungsversuche stets mehr als die Hälfte der ganzen Holzmasse. Interessante Belehrungen hierüber gewähren die von Gay-Lussac und Thenard an dem Eichen- und Buchenholze angestellten chemischen Untersuchungen, welche als Resultate stets mehr als 50 Theile Kohlenstoff, mehr als 40 Theile Sauerstoff und kaum 6 Theile Wasserstoff lieferten *).

Indem der Humus, vorzugsweise aus der Verwesung organischer Substanzen hervorgegangen, sehr viele kohlenhaltige Stoffe enthält; die Pflanzen selbst aber in Folge der mit ihnen vorgenommenen Analysen verschiedene Körper, z. B. Schwefel, Salpeter, Stickstoff, Phosphor, Kalkerde, Kali, Natron, Talkerde, Alaunerde, Kieselerde, Eisen- und

---

*) Obgleich die Quantität des Wassers aller lebenden Pflanzen um so größer ist, je weniger holzige Faser dieselben besitzen und in den Schwämmen fast $^{9}/_{10}$ des Ganzen beträgt, so beträgt dieselbe nach H. Zierl's Meinung in den holzartigen Gewächsen, in Bäumen und Gesträuchen gewiß nicht die Hälfte des Ganzen, mit Einrechnung der Zweige und Blätter, noch weniger die des Holzes zwischen 0,3 bis 0,4.

Digitized by Google

Manganoxyd u. dgl. enthalten und die Pflanzenfaser selbst wieder verschiedenartig gestaltet ist, so folgt, daß die Wirkung des Humus wegen seiner verschiedenen und eigenthümlichen Zusammensetzung der besonderen Bestandtheile sehr verschieden seyn muß.

Um nun zu einzelnen Resultaten gelangen und diese verschiedenartigen Wirkungen des Humus auf den Ernährungsproceß in jedem Boden nachweisen zu können, müßte man die besondere Entstehung desselben aus den verschiedenen Pflanzenarten jedesmal für sich betrachten und daraus das pflanzennährende Vermögen ableiten. Allein in diese besonderen Untersuchungen kann ich hier nicht eingehen, sondern verweise theils auf die Forschungen von Sprengel *), welcher sich durch sie für die zureichende Erklärung des Ernährungsprocesses der Gewächse große Verdienste erworben hat, theils auf eine Abhandlung: „Über die Bildung der Bodenarten mit besonderer Beziehung auf den Einfluß der Waldungen u. s. w. **)," worin im Besonderen die Bildung des Humus aus den jährlichen Abfällen der Waldgewächse möglichst allseitig und gründlich mit steter Hinweisung auf die dabei stattfindenden chemischen Processe zu würdigen versucht wurde.

Die verschiedenen Humusarten bringt Sprengel in vier besondere, die jedoch die Sache nicht ganz erschöpfen, weil unter ihnen nicht diejenige Substanz begriffen ist, welche sich bei der Fäulniß thierischer Körper bildet, ein sehr günstiges Beförderungsmittel für die Vegetabilien abgiebt und mit dem Begriffe „thierischer Humus" zu bezeichnen seyn dürfte. Jene vier Hauptarten sind: 1) der milde; 2) kohlenartige; 3) harz- und wachshaltige und endlich 4) der saure. Ersterer findet sich in jedem Wald- und Ackerboden, in

*) Kastner's Archiv für die gesammte Naturlehre Bd. VIII. Heft 2. und Band XVI. Heft 2.

**) Forst- und Jagdzeitung von Behlen. Jahrg. 1829. Nr. 6—17.

Digitized by Google

welchem Pflanzen verwesen und Salzbasen vorhanden sind, welche die sich entbindende Humussäure aufnehmen können: Fehlen aber diese Basen, so wird die Humussäure nicht gebunden, sondern geht in Folge starker Trockniß oder des Frostes in einen kohligen Zustand über, in welchem sie durch Wasser nicht auflösbar ist, und den kohlenartigen Humus bildet, der sich vorzüglich bei Austrocknung der Moore erzeugt. Kommen in den humosen Bestandtheilen des Bodens in Folge der Verwesung der Heiden wachs- und erdharzartige Substanzen vor, so wird der harzhaltige Humus gebildet, und findet endlich die aus der Verwesung vegetabilischer Überreste sich entbindende Humussäure nicht so viele salzige Grunderden, um gesättigt zu werden, wie dieses in Sümpfen und Mooren der Fall ist, so entsteht der saure Humus.

Jede dieser Humusarten, wenn sie auch in großer Menge örtlich vorhanden ist, ist mit mehr oder weniger Quarzkörnern und Thontheilen vermischt, welche eines Theils von dem aus der Atmosphäre niederfallenden Staube herrühren, anderen Theils durch Stürme und Regen herbeigeführt werden. Es ist nicht zu bezweifeln, daß sie, je nach der Art ihrer Zusammensetzung, auf den Ernährungsproceß bald mehr bald weniger vortheilhaft einwirken.

Derjenige Humus z. B., welcher aus der Verwesung des Mooses, Heidekrautes, der Kiefernadeln, des Gerbelohes und des trocknen Laubes entstanden ist, giebt an die Pflanzen nur wenig Nahrungsstoffe ab: die Vegetation auf den Heideräumen giebt durch ihre Einförmigkeit einen Beleg für diese Behauptung; dem Humus der Heidekrautarten muß man diese fast einzig zuschreiben. Auch liefern die sogenannten Waldblößen ein belehrendes Beispiel von der ungünstigen Wirkung desselben, welche uns theilweise die Frage beantworten hilft: Warum der Anbau der Pflanzen auf ihnen so schwer sey, häufig mißlinge *), und warum für den Ackerbau meistens günstigere Resultate erzielt würden.

*) Forst- und Jagdzeitung Jahrgang 1829 Nr. 125 u. d. f.

Digitized by Google

Erfahrung und Versuche belehren uns, daß die im Heidehumus, in welchem Wachs, welches jedoch kein neues Produkt der Verwesung ist, und Harz, das sich theilweise aus jenen gebildet hat, angebauten Pflanzen nicht eher wachsen, bis man ihn mit Mergel oder Mist vermengt, was wohl für den Feldaber nicht für den Waldbau stattfindet. An und für sich besitzt derselbe nichts weniger als pflanzennährendes Vermögen; allein diese beiden Körper enthalten diejenigen Bestandtheile, welche sowohl eine zersetzende als nährende Kraft besitzen. Stehen Kieferwaldungen auf einem Sandboden, so bietet der aus ihren Abfällen sich bildende Humus dieselben ungünstigen Verhältnisse dar, und ist für die meisten angebauten Pflanzen werthlos. Jedoch erhält letzterer, wie Erfahrung und Versuche lehren, in dem Falle das Vermögen, die Pflanzen mit Nahrung zu versehen, wenn der Boden mit Körpern vermischt wird, welche Kali, Natron, Kalk- und Talkerde oder verschiedene Salze enthalten.

Auch der aus Getraidestroh sich bildende Humus trägt als solcher zur Ernährung der Gewächse nur wenig bei, weil ihm in dürrem Zustande mancherlei Stoffe fehlen, welche pflanzennährende Kraft besitzen. Es folgt aus jenen und dieser Thatsache, daß nicht alle Humusarten zum Ernährungsprocesse der Pflanzen gleich gut und gleich viel beitragen. Manche von ihnen sind anfangs ganz indifferent, und bleiben es so lange, bis andere Körper in Verwesung oder Fäulniß übergehen, oder dem Boden, in welchem sie vorwalten, solche Körper beigemischt werden (was häufig der Zweck von künstlichem Düngen in dem Feldbaue ist), welche jene Processe einleiten und beschleunigen.

Oft enthält eine Humusart viele Salze, welche meistens das Wachsthum der Pflanzen ungemein befördern; allein sie sind im Wasser sehr leicht auflöslich, und der Humus, welcher sie enthält, ist entweder starken Regengüssen oder überhaupt dem Einflusse einer großen Wassermenge ausgesetzt; hierdurch

Digitized by Google

werden die kräftigsten Humustheile ausgelaugt, ihre Wirkungen fortwährend geringer und verschwinden endlich ganz.

Der Humus, von welcher Art er auch seyn mag, dient als solcher den Pflanzen nicht unmittelbar zur Nahrung, weil er im Wasser nicht auflöslich ist. Die aus ihm sich entwickelnde Humussäure giebt eigentlich das Nahrungsmittel ab, und wandelt ihn zu denjenigen Bestandtheilen des Bodens um, welche das üppige Wachsen namentlich der Waldpflanzen bedingen. Die höchst üppige Vegetation der Urwälder und die mehrere Jahre hindurch andauernde Fruchtbarkeit des zum Ackerboden benutzten, aber vorher nicht sehr ausgetrockneten oder seiner Humusschichte beraubten Waldbodens liefern uns die sprechendsten Beweise, wie viel vor Allem der milde Humus in Folge der aus ihm sich entwickelnden Humussäure zu jener Erscheinung beiträgt.

Sobald nämlich der Humus vermittelst chemischer Processe in Humussäure oder humussäure Salze zersetzt ist, erlangt er das Vermögen eines eigentlichen Nahrungsmittels. Seine nährende Kraft erscheint daher als eine mittelbare, aber eben dadurch größere, als die jedes anderen Pflanzennahrungsstoffes. Aus dem bisher Gesagten möchte sich die Art und Weise zu erkennen geben, wie der Humus die Ernährung der Gewächse begünstigt und in wie fern die Größe seiner Wirkung zu bemessen seyn dürfte.

Obgleich man aus der täglichen Erfahrung, besonders aus Erscheinungen in der Waldvegetation, die überzeugendsten Beweise erhält, daß der Humus auf diese mittelbare Weise das Meiste zur Wachsthums-Beförderung beiträgt; so überschätzt man seine Wirkung unfehlbar in dem besonderen Falle, wenn man, wie manche Landwirthe wollen, die Fruchtbarkeit des Bodens, oder seine pflanzennährende Kraft, einzig und allein nach seinem Humusgehalte zu berechnen sucht. Der Landwirth kann Beispiele genug beobachten, in welchen

Digitized by Google

Gewächse auch an solchen Orten recht gut und üppig wachsen, in welchen man keine Spur von Humus antrifft *).

Mancher Boden und viele Gebirgsarten, welche noch gar keine Humusschichten besitzen, überziehen sich oft auffallend schnell mit niedrigen Pflanzen, und erzeugen dadurch einen in ihrer Reichhaltigkeit und Üppigkeit nach den verschiedenen Bestandtheilen sehr abweichenden Überzug des Bodens. Diese Pflanzendecke, in Folge der Erscheinung entstanden, wornach z. B. jeder vom Humus freie Boden nach Verhältniß seines Elementar-Elektrochemismus mehr oder weniger mit niederen Pflanzenarten sich überzieht, welche blos aus der mineralischen Kraft der Bodenbestandtheile und aus der atmosphärischen Luft ihre Nahrung ziehen, trägt zur Anlage der ersten Humusschichte wesentlich bei, woraus sich folgern läßt, daß der auf der Erde befindliche Humus ein Erzeugniß, Produkt, und erst spätere Folge der Vegetation selbst ist.

Der Humus bietet durch seine Zersetzungen die Humussäure dar; diese ist demnach als ein Produkt chemischer Thätigkeit anzusehen, und kann deswegen erst in den desorganisirten Pflanzentheilen vorkommen. Sobald nämlich das Pflanzenleben erloschen, mit jenen atmosphärischer Sauerstoff, Wärme, Elektricität und Feuchtigkeit in Berührung gekommen ist, und jene zersetzt werden, macht jeder in der Pflanze befindliche Stoff seine bisher den höheren Gesetzen des Lebens gleichsam untergeordneten Wirkungsgegensätze wieder geltend, und giebt in Folge seiner Mächtigkeit die Richtung an, welche der Gang der Zersetzung einhalten muß.

Auf solche Weise scheidet sich ein Theil der mächtigsten Faktoren aus; diejenigen Stoffe aber, welche keinen so starken Gegensatz bilden, gelangen zu ihrer eigenthümlichen chemi-

*) Diese Thatsache spricht zugleich für die pflanzennährende Kraft der ursprünglichen Bodenbestandtheile und zeigt, daß sie für die Ernährung der Gewächse nicht übersehen werden darf.

Digitized by Google

schen Thätigkeit und vereinigen sich, den elektrochemischen Gesetzen folgend. Diese zuletzt gebildeten Körper treten mit jenen zuerst entstandenen in einen neuen Gegensatz, woraus in Folge wiederholter oder neuer chemischer Processe die Salze entstehen. Während des ganzen Verwesungsprocesses treten demnach anfänglich die ursprünglichen Körper, dann die Oxyde und Säuren und endlich die Salze hervor. Der Humus giebt dabei erst alsdann Nahrung an die Pflanzen ab, wenn er dem Einflusse der atmosphärischen Luft fortwährend ausgesetzt ist; durch die chemischen Thätigkeiten treten Humussäure und humussaure Salze als eigentliche Nahrungsmittel heror, wodurch dann der Humus seine mittelbare pflanzennährende Eigenschaft erhält.

Unter den vier genannten Humusarten enthält der milde sehr viele kohlenhaltige Stoffe und durch sie die größte pflanzennährende Kraft, was schon seine besonderen Bestandtheile, der Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, bisweilen mit einigem Stickstoffgehalte imprägnirt, und ihr chemisches, proportionales Mischungsverhältniß zu erkennen geben. Der Hauptbestandtheil desselben, der Kohlenstoff, ist Ursache seiner bräunlichen oder schwärzlichen Farbe; er wird vor Allem durch die den Pflanzen eigenthümliche Vegetationskraft angegriffen, welche unter Einwirkung des Wassers und des atmosphärischen Sauerstoffes, welche den elektrochemischen Proceß einleiteten, den Humus in den Zustand aufnehmbarer Nahrung umgestaltet.

Da diese Humusart besonders an solchen Stellen des Bodens angetroffen wird, welche mit solchen Pflanzen bewachsen sind, die nicht allein mit Kalk-, Talk- und Alaunerde, sondern auch mit Schwefel, Phosphor, Stickstoff, Eisen- und Manganoxyd, vorzüglich aber mit Kali, Natron, und mit anderen Körpern nebst ihren Salzen versehen sind; da ferner diese Körper zu denjenigen gehören, welche den Ernährungs- und Entwickelungsproceß der Pflanzen vorzugsweise begünstigen dürften, so muß jeder weitere specielle Beweis für die pflan-

Digitized by Google

zennährende Kraft des milden Humus für überflüssig erscheinen.

Er besitzt vor den übrigen Humusarten die größte wasseranziehende und wasserhaltende Kraft; sein Gefüge ist sehr locker und bietet durch diese physischen Eigenschaften die für den Ernährungsproceß vortheilhaftesten Beziehungen dar. Er liefert gemäß seines eigenthümlichen Chemismus nicht allein kohlensaures Gas, Kohlenwasserstoffgas, freie Essigsäure, brenzliches Öl und Wasser, sondern häufig auch ammoniakalische Flüssigkeiten, also auch stickstoffhaltige Substanzen, mithin kann seine im hohen Grade wohlthätig wirkende Kraft für die Ernährung der Gewächse selbst vom Ungelehrten nicht bezweifelt werden.

Seine Hergabe von Pflanzennahrung beruht vorzüglich auf der Entwickelung der Kohlensäure, welche sich jedoch in dem Falle, wenn der Humus bis zu beträchtlichen Tiefen hinab sich abgelagert hat, so daß die obersten Schichten die unter ihnen liegenden gegen den Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffes schützen, nicht mehr bilden kann; dieser Umstand ist Ursache, daß sich keine extraktivstoffhaltigen Körper, d. h. Humussäure und humussaure Salze, mehr erzeugen können.

Der Extraktivstoff, welchen man manchmal fälschlich mit dem Humus für identisch hält, wird vorzugsweise in dem milden Humus vorgefunden, ist im Wasser löslich und macht den bessern Theil der Humusschichten, auch Dammerde genannt, aus, weil er den allgemeinen Nahrungssaft der Pflanzen bildet, was aber nicht bei dem eigentlichen Humus der Fall ist. Alle Gewächse, welche mehrmal Samen geben, ohne dabei ihren Saft zu verlieren, geben dem Boden bekanntlich die meisten organischen Stoffe zurück. Durch das Verhältniß der Wurzel- und Stengelmasse und zugleich durch die verschiedenen Fortpflanzungsarten der Gewächse selbst entsteht eine immer stärkere Humusschichte. In dem Grade nun, in welchem die atmosphärische Luft mit ihr in Berührung tritt und ungehindert einwirken kann, wird aus der sogenannten

Digitized by Google

Pflanzenerde, terreau, womit sich abgestorbene Pflanzen bedecken, Kohlensäure gebildet, weil sich mit ihr der Sauerstoff verbindet.

Diese Pflanzenerde erscheint fast als Kohle, welche an und für sich nicht geeignet ist, in sich selbst den Zersetzungsproceß anzuregen, obgleich die eigentliche Kohlensubstanz eine Pflanze zu ernähren vermag. Es ist zur weiteren Auflösung der nährenden Stoffe der Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes wesentlich nothwendig. Der in ihr sich befindende Extraktivstoff, welcher nichts weniger als ein einfacher Körper zu seyn scheint, aber doch bis jetzt noch als ein solcher angenommen wird, bietet die nächste Veranlassung dazu dar. Unter mehreren Naturforschern hat Saussure rücksichtlich dieses Verhältnisses reine Pflanzenerde, welche sich auf freiem Felde gebildet hatte, chemisch untersucht und gefunden, daß jener Extraktivstoff dem Gewichte nach einen Eilftel des Ganzen betrug. Es unterliegt keinem Zweifel, daß dieser Antheil von Extraktivstoff in der Pflanzenerde des Waldbodens noch bedeutend größer ist.

Dieser Gelehrte sammelte auch aus fetter Garten- und Ackererde sehr fruchtbarer Felder den Extraktivstoff, und fand, daß derselbe in diesen Bodenarten in geringerer Menge vorhanden war, als er bei jenen Versuchen gefunden hatte *). Die Wirkung dieser Pflanzenerde steht übrigens mit dem in ihr enthaltenen Extraktivstoffe nicht im Verhältnisse; sie wird durch Auswaschen mittelst Regengüsse theilweise ihres Extraktivstoffes beraubt, und giebt bei ihrer trockenen Destillation Kohlenwasserstoffgas, kohlensaures Gas, brenzliches und bituminöses Öl und Wasser, in welchem Holzsäure und kohlensaures Ammonium aufgelöst sind. Auch finden sich in ihr noch verschiedene Salze und Erdarten; denn die aus ihr sich

*) Durch Kalkwasser und mehrere schwere metallische Körper wird dieser Stoff gefällt, woraus Niederschläge entstehen, welche durch Salzsäure, Salpetersäure und Essigsäure wieder aufgelöst werden.

Digitized by Google

entwickelnde Humussäure wird durch alle erdigen und schwer metallischen Salze gefällt, und verbindet sich mit den Salzbasen zu humussauren Salzen.

Sowohl unter Wasser, wo der unmittelbare Zutritt der Luft nicht statt finden kann, als auch auf fruchtbarem nicht gerade kultivirten Boden, wie dieses z. B. in den nordamerikanischen und brasilianischen Wäldern der Fall ist, sammelt sich die Pflanzenerde zu hohen Schichten an; denn aus Reiseberichten erfährt man, daß in den Urwäldern dieser Gegenden nicht selten Humuslagen aufgeschichtet sind, welche eine Tiefe von mehr als 10 bis 12 Fuß haben. Durch den großen Einfluß dieser organischen Stoffe wachsen alle Holzarten zu ungeheuren Größen heran, wurzeln aber in diesem leichten Humusboden so flach, daß jeder mäßige Sturm oft ganze Walddistrikte umzuwerfen vermag.

In solchen gegen Streurechen, Stockroden und direkten Einfluß des Sonnenlichtes geschützten Wäldern wird nämlich die atmosphärische Luft von den obersten Humusschichten fast vollständig absorbirt und die Thätigkeit des Bodens rücksichtlich seiner pflanzennährenden Kraft außerordentlich erhöht. Das Hauptwurzelsystem bildet sich meistens oberflächlich, die zarten Gewebe desselben dehnen sich in eben derselben Richtung aus, und dringen nicht tief genug in den Boden ein, um den Bäumen feste Standpunkte zu verschaffen, weil sie oberflächlich weichen Boden und hinreichend Nahrung finden.

Außer dieser Bereicherung mit oberflächlichem Humus wird auch im Untergrunde durch die Vermoderung der Wurzelstöcke noch eine ansehnliche Humusmenge gebildet, woraus man zuverlässig erkennt, wie es möglich ist, in diesem Boden der Urwälder eine wirklich unermeßliche Menge von organisch-kohlenhaltigen Bestandtheilen anzutreffen und in Folge des Einflusses des atmosphärischen Sauerstoffes durch die hieraus sich entwickelnde Kohlensäure ein höchst schwelgerisches Wachsen der Waldbäume bedingt zu sehen.

Digitized by Google

Wenn auch für einen Boden manche Pflanzenarten grün abgeschnitten werden, so wird doch der Kraftverlust, welchen jener durch letztere erlitten haben mag, durch die zurückbleibenden Stengeltheile und Wurzeln wieder ersetzt, weil sowohl diese als jene mit Pflanzensäften und andern Substanzen z. B. Schleim, Kleber, Stärkmehl, Eyweißstoff u. dgl. angefüllt sind. Sterben aber Gewächse nach der Samenbildung jährlich ab, so lassen sie der ausgesogenen Wurzel nichts als trockene Fasern zurück, welche der Zersetzung sehr lange widerstehen, und erst dann in Humus übergehen können, wenn der Boden mit Asche, Mist und anderen ähnlichen Körpern, welche mit diesen gleiche Wirkungen hervorbringen, versehen wird.

Tägliche Beobachtungen überzeugen jenen von der Wahrheit, daß der Einfluß des Humus auf die Ernährung der Gewächse um so geringer ist, je mehr Faserstoff er enthält, und mit letzterem, wenn seine Zersetzung beschleunigt und er selbst in Pflanzennahrung verwandelt werden soll, solche Körper vereinigt werden müssen, welche die Fasern angreifen und zersetzen. Die in den Pflanzen selbst vorkommenden Stoffe bieten zu diesem Zwecke die einflußreichsten Mittel dar, wie der Einfluß der verschiedenen Säuren auf die Erden, welcher im nächsten Abschnitte gewürdigt wird, zu erkennen giebt.

Der Faserstoff herrscht vorzüglich in den Halmen der Gras- und Getraidearten vor; ihr Abnutzen hat deswegen auf die Bodenkraft und die organisch-kohlenhaltigen Stoffe bedeutenden Einfluß; letzterer dehnt sich auf die Entwickelung der Kohlensäure aus und modificirt die Verhältnisse des Ernährungsprocesses der Pflanzen wesentlich. Ölgewächse, Roggen, Waizen, Gerste und alle ähnlichen Pflanzen erschöpfen den Vorrath von jenen Bestandtheilen am Meisten. Eine ähnliche Rangordnung in dem Verhältnisse, wie zur Ernährung und fröhlichen Entwickelung der Gewächse ein mehr oder weniger besserer Boden erfordert wird, bieten auch die Waldpflanzen dar.

Digitized by Google

Die baum- und strauchartigen Gewächse bilden, wie Erfahrung und Beobachtungen zeigen, in einer langen Reihe von Jahren vorzüglich den Stamm und die übrigen überirdischen Pflanzentheile weit mehr aus, als die Wurzeln und sind im Allgemeinen die Samenbildung öfters zu wiederholen im Stande, ohne daß ihr Habitus an Säften ganz erschöpft und auf eine vollkommen ausgesogene Faser reducirt wird. Doch weichen sie rücksichtlich der Erschöpfung des Bodens sehr von einander ab; denn manche Holzarten verlangen einen besseren, manche einen schlechteren, d. h., die einen nehmen mit wenig organischen Kraftäußerungen des Bodens vorlieb, die anderen erfordern sehr große.

Solche großartigen Gewächse verschaffen aber durch den jährlichen Abfall ihrer Blätter, Nadeln, Rinden, Zweige u. s. w. dem Boden, welchen sie viele Jahre hindurch eingenommen haben, sehr viele organisch-kohlenhaltige Stoffe, deren Menge noch dadurch vermehrt wird, daß Wurzeln und Stöcke, nachdem etwa der ganze Waldbestand abgenommen wurde, durch den sogenannten Wurzelhumus einen wesentlichen Beitrag liefern, der von jedem Forstwirthe besonders beachtet zu werden verdient.

Es gehört zur allgemeinen Erfahrungswahrheit, daß in der Substanz der Holzgewächse der fibröse Antheil gegen den des Saftes meistens in überwiegender Menge vorhanden ist. Durch Versuche hat man unter anderen Resultaten gefunden, daß nach dem Absterben oder Austrocknen jener Theile dieselben dennoch um das Vier- bis Siebenfache mehr betragen, als in allen übrigen Gewächstheilen, woraus erhellet, daß diese Verhältnisse für die Bildung des Humus, seine physische und chemische Constitution, also auch für die pflanzennährende Kraft des Bodens besonders berücksichtigt werden müssen, um das Vorhandenseyn organischer Bestandtheile nach bestimmten Verhältnissen ermessen zu können.

Nimmt man die Resultate der hierüber angestellten Versuche und der Beobachtungen und Erfahrungen zusammen, so

Digitized by Google

kann man daraus den zuverlässigen Schluß ableiten, daß bei sonst gleichen Bewurzelungsvolumenen der nach dem Samenertrage der Gewächse im Boden zurückbleibende Faserantheil wenigstens annähernd im umgekehrten Verhältnisse mit dem Gewichtsverluste stehen dürfte, den die Pflanzen erleiden, wenn sie, sich im saftvollen Zustande befindend, austrocknen.

Im Zusammenwirken dieser zurückbleibenden, zugleich aber sehr consistenten Wurzel- und Stockrückstände mit den jährlich absterbenden Belaubungen wird für den Waldboden diejenige oberflächliche, nicht versilzte Humusschichte gebildet, welche fortwährend beschattet und gegen Verflüchtigung einzelner Humustheile geschützt in Folge des einwirkenden atmosphärischen Sauerstoffes vermittelst der dadurch sich entwickelnden Kohlensäure den sehr hohen Grad von Thätigkeit des Bodens herbeiführt, und das in Folge der hierdurch erzeugten Nahrung sehr begünstigte Wachsthum der Waldpflanzen aufs Kräftigste befördert, so daß man von ihrem Daseyn und ihrer Erhaltung in dem Boden für die Waldvegetation die höchste Holzproduktion als abhängig betrachten muß.

Die hohe Wichtigkeit der Anwesenheit solcher organisch-kohlenhaltigen Stoffe zur Entwickelung der Kohlensäure und Bildung des Kohlenstoffes dürfte jeder aufmerksame Forst- und Landwirth aus diesen Thatsachen erkennen. Ihre Nothwendigkeit wird zwar für den Acker-, Garten- und Wiesenbau durch den Umstand gemildert, daß hier mit künstlichen Dungmaterialien nachgeholfen werden kann, für den Waldboden aber um so höher gesteigert durch den Umstand, daß derselbe nicht eben so, wenigstens nicht so leicht, mit jenen Stoffen zu versehen ist, aus denen sich günstige Bedingungen für die Entwickelung der Kohlensäure und Bildung des Kohlenstoffes ergeben.

Wegen dieser höchst vortheilhaften Ernährungsverhältnisse der Pflanzen kann man rücksichtlich des Waldbodens allerdings annehmen, daß derselbe entweder in der Waldstreu-Benutzung oder in dem Ausgraben der Stöcke zur Beseitigung mancher

Digitized by Google

drückenden Lebensverhältnisse des gemeinen nur zu sehr verarmten Ackerbauern Einiges abgeben könnte. Denn das Ausbrechen des größten Theiles vom Wurzelholze möchte, im Falle durch andere günstige Beziehungen die oberen Humusschichten sehr bedeutend sind, für die nachfolgende Holzproduktion keinen sehr wesentlichen Nachtheil bringen, weil alsdann von diesem Wurzelhumus wenig verbraucht wird.

Nimmt man aber den entgegengesetzten Fall an, wornach der Boden seine obere Laub- und mit dieser zugleich seine Humusschichte verloren hat, also einer der ersten Bedingungen zur Bildung von organisch kohlenartigen Stoffen und hiermit zugleich der Entwickelung der Kohlensäure beraubt ist, so muß sich jede Holzpflanzung theils von demjenigen Wurzelhumus, welcher in der Tiefe durch die Verwesung ehemals vorhanden gewesener Pflanzenüberreste sich gebildet hat, theils von dem niedergeseigerten auflöslichen Humus und der mineralischen Bodenkraft ernähren.

Daß unter solchen Verhältnissen die Menge der organisch-kohlenhaltigen Stoffe gering, also auch die Bildung des Kohlenstoffes aus der durch den Einfluß des Sauerstoffes entwickelten Kohlensäure das erste Erforderniß für den Ernährungsproceß gleich stark geschmälert wird, kann niemand bezweifeln. Ein solcher Boden bringt alsdann allerdings eine geringere Holzmasse hervor; diese ungünstigen Verhältnisse dauern jedoch nur so lange, bis sich oberflächliche Laub- und Humusschichten gebildet haben, durch die den Gewächsen eine stärkere Nahrungsquelle eröffnet wird.

Jener Wurzelhumus wird für den Forstwirth besonders alsdann sehr wichtig, wenn bei der ersten Besamung oder Bepflanzung durch Setzlinge zu weit stehend gepflanzt und die Abfälle dem Boden jährlich entzogen wurden, indem die heranwachsenden jungen Bäume nicht im Stande sind, eine besondere Humusdecke zu erzeugen: diese müssen sich von jenem Wurzelhumus oder von der mineralischen Bodenkraft und überhaupt von demjenigen Humus nähren, welcher aus

Digitized by Google

den zwischen dem Holze in den dichten Stellen sich ansiedelnden oder schon angesiedelten Humus der Forstunkräuter entsteht.

Man wird nicht in Abrede stellen, daß diese Unkräuter während dieses Herganges auf eine doppelte Weise wirken; bald ungünstig, bald günstig. Auf der einen Seite schmälern sie für die Baumwurzeln den Zutritt der atmosphärischen Luft, verhindern die Einwirkung des Sauerstoffes und sind in so fern dem Ernährungsprocesse der Holzgewächse eben so nachtheilig als die Unkräuter den Acker- und Gartengewächsen. Auf der anderen Seite aber geben sie nicht allein einige Humustheile ab, sondern wirken, besonders auf trocknem Boden dadurch sehr günstig, daß sie die Feuchtigkeit des Bodens, welche für die Einleitung und Beförderung der galvanischen Processe so wichtig und für die Entwickelung der Kohlensäure unentbehrlich ist, erhalten hilft.

Aus sämmtlichen Beziehungen, welche man durch die Untersuchungen über die während der Zersetzungsprocesse der vegetabilischen Überreste erfolgenden Verhältnisse ermittelt hat, ergeben sich die Beweise für die Wahrheit:

„daß der vollkommen ausgebildete Humus aus Humus-
„säure, humussauren Salzen und Kieselerde besteht."

Kommt in den Pflanzenkörpern Schwefel, Stickstoff, Salpeter und Chlor vor, so besteht der Humus, welcher aus jenen sich gebildet hat, ebenfalls aus kohlensauren, schwefelsauren, salpetersauren und phosphorsauren Salzen, welche, wie im achten Abschnitte näher dargethan wird, für den Ernährungsproceß sehr wichtig werden.

Zugleich folgt aus sämmtlichen Resultaten, daß die pflanzennährende Kraft der organisch-kohlenhaltigen Stoffe eben so wenig in dem Humus an sich als in der Humussäure, vielmehr in den wechselseitigen Einwirkungen der chemischen Thätigkeiten auf die Körper liegt, aus denen jene hervorgehen. Aus ihren verschiedenartigen Bestandtheilen läßt sich alsdann auch das auf mittelbarem Wege ihm, dem Humus,

Digitized by Google

eigenthümlich werdende Vermögen für die Pflanzenernährung am Einfachsten erklären und der zureichende Grund des einflußreichsten Wechselwirkungs-Verhältnisses für jene ableiten.

Hierzu gelangt man am Sichersten durch eine genaue Vergleichung der chemischen Einwirkungen der Humussäure auf die Erden und Oxyde, wobei man jene chemische Wechselwirkung als eine solche Erscheinung kennen lernt, welche die Größe und Erhabenheit des Alles ordnenden Wesens in dem schönsten Lichte darstellt. Man sieht daraus, wie in Folge der Einwirkung der mineralischen Bodenkraft niedere Gewächsarten entstehen, diese aber nach dem Absterben in Verwesung übergehen, und dem Boden zu jener pflanzennährenden Kraft der Bestandtheile noch organische Stoffe zusetzen, welche sodann der neuen Vegetation zur Nahrung dienen.

Da die Pflanzen, um freudig zu wachsen, verschiedene Nahrungsstoffe bedürfen, so läßt sich leicht ermessen, daß der Humus, in welchem andere Pflanzen in Verwesung übergingen, welche z. B. kein Kochsalz enthielten, für solche Gewächse, die zu ihrer Ausbildung mancherlei Salze bedürfen, und sie durch andere Bodenbestandtheile nicht erhalten können, oder wirklich nicht erhalten, auch kein pflanzennährendes Vermögen besitzt. Die chemische Constitution des Humus ist daher so verschiedenartig, als es die in den Vegetabilien vorherrschenden Bestandtheile sind.

Obgleich endlich aller Humus, er mag aus noch so mannigfaltigen und verschiedenartig zusammengesetzten Körpern bestehen, den Pflanzen nach und nach mittelbar zur Nahrung dient, wenn die Bedingungen zur Entwickelung der Humussäure und ihres Einflusses auf die Stoffe vorhanden sind, so muß er sich dennoch aus demselben Grunde gegen die Vegetation in seinen Wirkungen sehr abweichend verhalten. Er nimmt unter allen für den Ernährungsproceß dienlichen Stoffen die erste Stelle ein; denn selbst der saure Humus, in welchem bei vorherrschender Humussäure auch Phosphor-

Digitized by Google

säure und freie Essigsäure angetroffen werden, wird zuletzt zur Nahrung fähig.

Diese Humusart wird vorzüglich an solchen Stellen angetroffen, wo die Basen fehlen, die die überflüssige Humussäure binden, z. B. in Mooren, Sümpfen und Sandgegenden; der in ihr enthaltene kohlensaure Kalk neutralisirt die vorhandene freie Säure, welche sich mit dem Kalke verbindet, und die anfänglich schädliche Wirkung des sauren Humus auf die Vegetation allmählig beseitigt; die Humussäure desselben wird in Kohlensäure und Wasser zersetzt, indem Sauerstoff absorbirt wurde. Die verschiedenen Basen werden nach und nach vorherrschend, und der daraus sich entwickelnde Humus selbst wird milde und hierdurch nahrungsfähig.

Die aus jener Verbindung des Kalkes mit der freien Säure dieser Humusart frei werdende Kohlensäure ist das eigenthümliche Nahrungsmittel für die Pflanzen; der Kalk selbst verbindet sich mit dem Wasser, wird in diesem aufgelösten Zustande von den Wurzeln eingesogen, und weiter nach dem Inneren fortgeführt. Für den Waldboden ist die Kalkerde wegen des häufig vorkommenden sauren Humus ein um so wirksameres Mittel, als sie mit allen Pflanzen- und Thierstoffen Verbindungen eingeht, oder mit denselben Zersetzungen hervorbringt. Für den Ackerboden wirkt eben darum die bekannte Kalkdüngung vortheilhaft.

Für den Waldboden vertritt also der Humus die Stelle des künstlichen Düngers; die Humussäure wirkt durch ihre verschiedenen Verbindungen mit den Erdarten und Oxyden auf das pflanzennährende Vermögen desselben eben so vortheilhaft als der Dünger für den Ackerboden. Für jenen muß man die Wirkung der neutralen humussauren Salze weit höher anschlagen, als für diesen, da er künstlich mit Dünger versehen werden kann. Alle den Humus überhaupt betreffenden Beziehungen geben zu erkennen, daß es hauptsächlich von den chemischen Bestandtheilen des Bodens abhängt, ob letzterer im Stande ist, diese oder jene Pflanze hervor-

Digitized by Google

zubringen; und daß es ihm eben so wenig an Kalk-, Talk- und Alaunerde, als an Kali, Natron, Phosphor, Schwefel und Chlor, an Eisen, Mangan und Ammoniak fehlen darf, damit auf diese die Humussäure zersetzend einwirken und sie zu eigentlichen Nahrungsstoffen umwandeln kann.

V.

Einfluß der verschiedenen Säuren, besonders der Humussäure auf die Erdarten; daraus hervorgehende Nahrungsverhältnisse für die Pflanzen.

Obgleich Kalk-, Talk- und Alaunerde fast in jeder Pflanze vorkommen, und vorzüglich die Kalkerde in allen Forstpflanzen, z. B. in den Eichen, Eschen, Ulmen, Hain- und Rothbuchen, in den Birken und anderen in überwiegender Menge erscheint, so ist doch die Kieselerde noch allgemeiner, welche besonders in den Gräsern vorhanden ist. Aus den verschiedenen Analysen der Pflanzen ergiebt sich, daß sie zu den wesentlichsten substantiellen Nahrungsmitteln gehört. Sie besitzt physische und chemische Eigenschaften, durch welche sie eines Theils den Boden locker erhält, und ihm die erforderliche Zusammensetzung verschafft, andern Theils den Pflanzen selbst zur Nahrung dient.

Sie kann nur in aufgelöstem Zustande in die Pflanzen übergehen; die Säuren müssen sie daher zuerst in den Zustand der Verwitterung und in chemische Verbindung mit Alaun-, Talk- und Kalkerde, mit Eisen und Manganoxyd, mit Kali und Natron versetzen, weswegen sie sich in allen Pflanzentheilen in bald größerer bald geringerer Menge vorfindet, welche diese Körper enthalten. Diese Kieselerde-Verbindungen, in der Kunstsprache Silikate genannt, lösen sich in Wasser nicht auf, wenn nicht eine Säure hinzukömmt, welche den

Digitized by Google

Auflösungsproceß einleitet, und sie zur Pflanzennahrung verarbeiten hilft.

Hieraus ergiebt sich die Nothwendigkeit humoser Theile im Boden; diese vermitteln und bedingen die Verwesungsgährungen, welche alsdann die Verwitterung des Kieselkali's und Kieselnatrons einleiten, die Humussäure und Kohlensäure, welche in dem Bodenwasser und jenen humosen Theilen aufgelöst oder gebunden vorhanden sind, beschleunigen, und die Zersetzung der Kieselerde selbst befördern. Die Humussäure bringt durch diese Processe den im Wasser leicht löslichen humussauren Kalk und Talk hervor, und befördert durch diese das Wachsthum der Pflanzen in hohem Grade.

Während dieser chemischen Wechseleinwirkungen scheidet sich zwar die Kieselerde aus, wird aber durch den vorherrschenden Einfluß der vorhandenen Humussäure auf sie wieder bestimmt, sich in dem vorräthigen Wasser aufzulösen und in diesem Zustande den Pflanzen fortwährend zur Nahrung zu dienen. Hierin liegt der Grund, warum die pflanzennährende Kraft des Kalkes und Mergels, welche vorzüglich in der Landwirthschaft mit sehr großem Vortheile als Düngungsmittel angewendet werden, allmählig abnimmt.

An und für sich gewähren die aus der Verwitterung der Gebirgsarten entstandenen Thonarten, welche meistens Kieselerde, mit obigen Körpern verbunden, enthalten, den Pflanzen keine Nahrung, weil sie im Wasser nicht löslich sind. Daher ist mancher Ackerboden so lange unfruchtbar, bis die Ursachen zu den Zersetzungsprocessen gegeben werden. Betrachtet man wegen dieses Verhältnisses den Waldboden, und seine Bepflanzung, so bietet er durch seine kohlenhaltigen Stoffe und die Humussäure die günstigsten Ursachen zur Bereitung von Nahrungsstoffen dar. Die Humussäure greift jene Verbindungen der Kieselerde an, zerlegt sie und verwandelt die vorher indifferenten Bestandtheile des Bodens in Substanzen, welche von den Pflanzen als Nahrungsstoffe aufgenommen werden.

Digitized by Google

Man darf in dieser Beziehung den Boden eines wohlbestellten, gegen Streurechen geschützten Waldes mit Recht einem chemischen Laboratorium vergleichen, worin die technische Chemie unaufhörlich Versuche veranstaltet, chemische Untersuchungen einleitet, stete Vermischungen vornimmt und verbindet oder zersetzt, um verschiedenartige Zwecke zu erreichen. Die Natur sorgt für die Stoffe und Mittel; der Boden bietet die der Zersetzung unterworfenen Grunderden und die in Verwesung übergehenden Abfälle die Humussäure und andere Agenzien dar, wodurch die Grunderden verarbeitet und in Pflanzennahrung umgewandelt werden.

Für den Ackerboden ist die Humussäure selten in solcher überwiegender Menge vorhanden, weil ihm erst durch die Kunst jene Mittel verschafft werden, und jene durch den Einfluß der Sonnenhitze oder des Regens mehrfach verflüchtiget. Der Waldboden hat daher bei gehörigem Schutze gegen den Ackerboden entschiedene Vortheile, da durch den Kronenschluß der Bäume der direkte Einfluß der Sonnenhitze verhindert ist, und der Regen mittelst der Blätter und Zweige nur allmählig, gleichsam sinternd, zum Boden gelangt, wodurch wegen der Bodenbedeckung mit Abfällen und Humus weder ein Überschuß noch Mangel an Wasser entsteht.

Ist die Kieselerde in reinem Zustande vorhanden, oder wird der Sandboden, welcher größtentheils aus ihr besteht, nicht fortwährend mit solchen Körpern versehen, welche allmählig in humose Theile übergehen, so verflüchtet sich selbst die vorhandene Humussäure in demselben Verhältnisse, in welchem die Bildung des Wassers und der Kohlensäure mittelst galvanischer Processe vor sich geht. Hierdurch wird eine der wesentlichsten Bedingungen zur Bildung von Pflanzennahrung vernichtet.

Durch den Humus wird die Kieselerde, welche an und für sich bei dem Ernährungsprocesse indifferent ist, zu einem eigentlichen Nahrungsstoffe umgewandelt; Wald- und Ackerboden ziehen aus ihren Bestandtheilen, dem Quarze, Thone

Digitized by Google

und Mergel *) große Vortheile, wenn diese Körper etwa zur Änderung der physikalischen Eigenschaften angewendet werden. Da fast alle Bodenarten mit mehr oder weniger Kieselerde imprägnirt sind, so erhält jenes Wechselverhältniß um so größere Ausdehnung und namentlich für den Forstwirth in so fern besondere Bedeutung, als er den Boden nicht eben so cultiviren kann, wie der Landwirth den Ackerboden. Es ist daher eine wichtige Aufgabe für ihn, mit möglichster Vorsicht den Forstgewächsen durch Schutz gegen starke Austrocknung und Entwendung der Streubedeckung günstige Verhältnisse zu erhalten oder zu verschaffen.

Von der nährenden Kraft der Kieselerde und ihrem wohlthätigen mittelst ihrer Bestandtheile bedingten physikalischen Einflusse auf die Beförderung des Wachsthums der Pflanzen hat man sich durch Versuche und Beobachtungen überzeugt, indem man namentlich in England auf die günstige Wirkung des gebrannten Thones als Düngmaterial theilweise ein neues Ackerbausystem gründete. Im Großen wurden die aus kleinen Versuchen abgeleiteten Resultate bestätigt. Nachdem man nämlich moorigen Wiesenboden mit reinem Quarzsande überstreut hatte, wuchsen die vorhandenen Grasarten

*) Aus der Beschaffenheit der Thonbestandtheile und den durch das Brennen derselben erfolgenden Veränderungen erkannte man erst in der neuern Zeit, in welcher man sich aufmerksamer mit den Mitteln zur Erhöhung der Produktivkraft des Bodens beschäftigte, den wohlthätigen Einfluß des Thones als Dungmaterial, so daß ihn die Engländer als allgemeines Düngungsmittel betrachteten, wie die Schrift „Neues Ackerbausystem ohne Mist, Kalk und Brache von Beatson“ beweist. Wie derselbe bereitet und angewendet wird; welche Wirkungen er hervorbringt, ist in dieser Schrift näher erörtert. Es wäre zu wünschen, daß der Sache in Deutschland noch mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden möge. Jedoch hege man nicht den Glauben, daß alle Thonarten gleiche Wirkungen hervorbringen, was schon ihre verschiedene Zusammensetzung zu erkennen giebt.

Digitized by Google

nicht allein augenscheinlich besser, sondern es kamen allmählig neue Gräser zum Vorscheine. Diese Thatsache beweist, daß man dem Quarzsande sowohl in physikalischer Beziehung durch Änderung der Eigenschaften des Bodens als in chemischer durch eigentliche Ernährung Einfluß zuschreiben muß.

Obgleich man in der Waldkultur noch keine ähnliche Versuche veranstaltet hat, so darf man doch aus jenen Ergebnissen folgern, daß die Kieselerde für jeden grasartigen Überzug desselben entschieden vortheilhaft einwirken muß. Dem chemischen Einflusse der Kieselerde kann man daher einen großen Theil derjenigen Überzüge zuschreiben, welche man auf lichten Stellen oder auf abgetriebenen Flächen des Waldbodens wahrnimmt. Auf dem Kreideboden, welcher im Allgemeinen arm an Kieselerde ist, wirkt der Sand sehr vortheilhaft; denn Versuche haben dargethan, daß jener, mit Quarzsand vermischt, längeres Stroh hervorbringen half, als auf denselben Äckern vorher gezogen wurde.

Auch für diesen besonderen Fall hat man bei dem Waldboden keine einzelnen Beispiele, welche zu Belegen für die Wirkung der Kieselerde auf den Kreideboden und zunächst auf seine pflanzennährende Kraft dienten; allein man kann aus jener Thatsache zuverlässig folgern, daß die Waldvegetation in Folge solcher Vermischungen viele Vortheile erhält: man darf nämlich voraussetzen, daß die in den Grunderden vorkommenden kreideartigen Theile chemisch angegriffen und durch den Einfluß der Kieselerde zur Pflanzennahrung modificirt werden.

Will man sich über die Art und Weise, wie die Kieselerde in die Pflanzen aufgenommen werde, eine deutliche Vorstellung verschaffen, und den Proceß selbst zureichend erklären, so muß man nach meinem Ermessen vor Allem die Thatsache im Auge halten, daß alle grasartigen Gewächse, in deren Halmen die Kieselerde in großer Menge angetroffen wird, meistens auch Kali aufgenommen haben, wie im siebenten Abschnitte näher dargethan wird. Alle zur Ermittelung dieser Wahrheit ange-

Digitized by Google

ſtellten Pflanzen-Analyſen beweiſen thatſächlich, daß neben der Kieſelerde immer auch Kali vorkömmt. Folgende Überſicht verſinnlicht dieſes:

In 100 Gewichtstheilen von lufttrockenem Laube der	fand man		In 100 Gewichtstheilen Aſche von Holz.	fand man	
	Kali.	Kieſelerde.		Kali.	Kieſelerde.
Hainbuchen .	1,22	0,77	Eichenholz	0,066	0,056
Ahornen .	0,93	2,39	Weißbuchen.	0,061	0,096
Rothbuchen .	1,27	0,93	Rothbuchen	0,091	0,019
Linden . .	1,55	0,26	Ahorn . .	0,115	0,017
Pappeln .	1,13	0,63	Eſchen . .	0,121	0,018
Akazien . .	0,64	1,05	Erlen . .	0,030	0,019
Ulmen . .	1,07	0,28	u. ſ. w.		
Birken . .	1,58	5,58			

Durch den chemiſchen Einfluß des Kali wird die Kieſelerde angegriffen und aufgelöſt, alsdann von der einen oder anderen vorhandenen Säure zerſetzt, von dem Waſſer in flüſſigem Zuſtande erhalten, als ſolche in Form der ſogenannten Kieſelfeuchtigkeit von den Pflanzen aufgenommen und in das Innere derſelben übergeführt, wo ſie ſich, wenigſtens bei den grasartigen Gewächſen, gewöhnlich in den Knoten in größter Menge ablagert.

Daß ſie wirklich auf dieſe Weiſe aufgenommen wird, beweiſt einfach und entſchieden ihr Vorhandenſeyn in den Knoten des Bambusrohres; dieſen Zuſtand kennt man unter dem Namen „Tabaſcheer"; daſſelbe bildet theils durchſcheinende, theils undurchſichtige Stücke, wie der Kalk. Unter mehreren Chemikern hat vorzüglich Fourcroy mehrere Stücke, welche v. Humboldt und Bonplandt aus den Äquinoktialgegenden Amerika's mitbrachten, einer chemiſchen Analyſe unterworfen, und in 100 Theilen derſelben 70 Theile Kieſel und 30 Theile Gemiſch von Kali, Kalk und Waſſer gefunden *).

*) Schmithſon hält das aſiatiſche Tabaſcheer mit der Kieſelerde für ein und daſſelbe, und Brewſter, welcher Stücke aus Nag-

Im Allgemeinen sind die Chemiker der Meinung, daß die übrigen Grasarten die Kieselerde, wenn auch nicht gerade ganz in derselben, doch wenigstens ähnlichen Form in sich aufnehmen. Daß aber Schrader in den Gräsern, welche mit kohlensaurem Wasser in Schwefelblumen ernährt wurden, eine vollkommene, durch die Pflanzen selbst veranlaßte Erzeugung der Kieselerde, und dieselbe als nicht von Aussen aufgenommen annehmen will, erscheint als eine grundlose Behauptung und widerspricht dem Grundgesetze, gemäß dessen keine Pflanze irgend einen materiellen Nahrungsstoff in ihrem Innern selbstthätig erzeugt, sondern daß vielmehr jede alle einfachen Körper entweder aus dem Boden oder aus der atmosphärischen Luft entzieht.

Eine für den Ernährungsproceß der Pflanzen sehr günstige Eigenschaft besitzt die Kieselerde im Besonderen darin, daß sie sowohl in chemisch reinem, als chemisch mit Wasser vermischtem Zustande in Vermengung mit Thontheilen im Wasser löslich ist. Die chemisch reine Kieselerde wird zwar nur langsam aufgelöst und zu diesem Processe viel Wasser erfordert; allein gerade dieser Umstand ist für das Ernährungsgeschäft der Pflanzen sehr vortheilhaft.

Da jede sehr fruchtbare Bodenart eine beträchtliche Quantität Kieselerde enthält, und diese sowohl im Acker- als Waldboden meistens in überwiegender Menge angetroffen wird, so hat man endlich einen allgemeinen Beweis für die Behauptung, daß aus diesen Verhältnissen, welche die Kieselerde in

---

pore erhielt, will dasselbe gefunden haben. Bei ihrer Analyse fand jener, daß sich die Stücke im Wasser, welches sie begierig absorbirten, zu einer durchsichtigen Substanz auflösten; nachdem er etwas Wasser ausgegossen hatte, wurde es undurchsichtig, wie der Kalk. Die Art und Weise, wie die Kieselerde aufgenommen und die erdigen Bestandtheile in den Getraidearten gebildet werden, wurde schon im Jahr 1800 in zwei Preisschriften von Schrader und Neumann gewürdigt; auf sie verweise ich zum Behufe specieller Belehrung; später komme ich noch einmal auf dieselben.

Digitized by Google

Folge chemischer Processe und ihrer verschiedenen Bestandtheile darbietet, der Feld- und Waldboden sehr viel nährende Kraft erhält. Vermöge der in letzterem fast allgemein und ununterbrochen vorhandenen Feuchtigkeit und stets erfolgenden Verwesungsgährungen werden Säuren, namentlich Humussäure, erzeugt, welche die Kieselerde angreifen, nach und nach zersetzen und in den aufnehmbaren Zustand verwandeln. Fortwährend in dem Zustande der Kieselfeuchtigkeit erhalten, können sie die Gewächse ununterbrochen einsaugen und zur Beförderung ihres Wachsthumes verwenden.

Die Kalkerde spielt für die Ernährung der Gewächse unter allen Erdarten und übrigen materiellen Nahrungsstoffen die wichtigste Rolle, was sowohl die große Menge derselben, welche nach den Alkalien unter den Salzbasen in den Pflanzen, namentlich in den baumartigen Forstgewächsen, angetroffen wird, als auch das Verhalten zur Kieselerde und den Silikaten überhaupt hinlänglich beweisen *). Folgende Übersicht von ihrem Gehalte in verschiedenen Forstpflanzen giebt uns einen anschaulichen Beweis von jener Menge:

In 100 Gewichtstheilen v. lufttrockenem Laube der	finden sich Theile Kalkerde:	In der Asche von 100 Gewichtstheilen des	finden sich Theile Kalkerde:	
Birken . . .	1,46	Ahornholzes .	0,179	
Hainbuchen .	2,38	Weißbuchenholzes	1,144	
Rothbuchen .	2,39	Eschenholzes .	0,127	
Erlen. . . .	2,85	Erlenholzes .	0,121	
Ulmen . . .	2,96	Rothbuchenholzes	0,100	
Eschen . . .	3,14	Eichenholzes .	0,036	u.s.w.
Eichen . . .	3,19			
Akazien . . .	3,96			
Linden . . .	4,28			
Ahornen . .	4,28			
Pappeln . .	5,55			

*) Über die Wirkungen der Kalkerde können wir uns aus den Versuchen des H. Dr. Fuchs über den Kalk und Mörtel in dem Journale von Erdmanns ökon. tech. Chemie Bd. VI. am besten belch-

Digitized by Google

Aus diesem Gehalte der Kalkerde in den Blättern genannter Baumarten darf man mit Zuverläßigkeit auf eine gleichgroße und oft noch größere Menge in den übrigen Theilen derselben schließen. Die Erfahrung lehrt zwar, und Beobachtungen bestätigen, daß manche Gewächse diese Erde nicht besonders gut vertragen, indem z. B. Quecken und andere nach einer starken Kalkdüngung schnell verschwinden; allein die meisten bedürfen dieselbe zu ihrem Gedeihen, und lieben sie so sehr, daß sie nur auf einem kalkhaltigen Boden lebhaft vegetiren oder nur dann erscheinen, wenn der Boden mit Kalk vermischt wird z. B. die Vogelwicken, Klatschrosen und andere. Da die Kalkerde in den aus der Verwitterung der Kreide- und Kalkgebirge entstandenen Bodenarten und in manchen Mergelarten des aufgeschwemmten Landes meistens einen Hauptbestandtheil ausmacht, so finden sie die Pflanzen in dem Boden in hinreichender Menge und leiden selten Mangel daran. Soll sie aber das Wachsthum der Pflanzen besonders begünstigen, so muß sie thonigte Bestandtheile enthalten. Aus dieser Vermengung entsteht alsdann ein sehr fruchtbarer Boden, wie die Versuche von Fuchs theoretisch und die Wirkungen des gebrannten Thones, welcher Kalk enthält, d. h. welcher hierdurch in Mergel verwandelt wird, praktisch beweisen *).

Wenn die Kalkerde mit den verschiedenen Säuren zu basischen, neutralen und sauren Salzen vereinigt ist, so gewährt

---

ren; hierauf wird verwiesen, um weitere Belehrung zu erhalten. Sie ist fast in allen Forstgewächsen in überwiegender Menge vorhanden; ohne sie vegetiren die Buchen nur ärmlich, und gehen allmählig aus, wenn sie dieselbe im Boden nicht vorfinden.

*) Nach den Versuchen von Fuchs werden nicht allein manche Silikate, sondern auch die meisten Thonarten durch das Brennen gleichsam aufgeschlossen, die bisher gebundenen Nahrungsstoffe, z. B. Alkalien, Kieselerde, Thonerde frei und auflöslich. Die Kalkdüngung wirkt gleich der Asche und bestimmt die im Boden vorhandenen Stoffe schnell zur Nahrung, wodurch jener oft eben so schnell erschöpft wird.

Digitized by Google

sie eine vorzügliche Nahrung; in diesen Zustand kömmt sie um so schneller, als sie ausser vielen Salzen der Alkalien alle auflöslichen Salze der Oxyde von Erden und Metallen zersetzt. Die Verbindung der Kohlensäure, welche in dem kohlensauren Kalke, der sich in der Natur in ungeheurer Menge befindet, und durch seine beiden Bestandtheile, den Kalk und die Kohlensäure, als Nahrungselement wirkt, fast zur Hälfte seines Gewichtes vorhanden ist, gehört zu den wichtigsten Erscheinungen für den Ernährungsproceß; in der hieraus hervorgehenden kohlensauren Kalkerde muß man eine unversiegbare Quelle von Nahrungszufluß suchen.

Die Kohlensäure ist zwar mit der Kalkerde chemisch verbunden, ohne sie jedoch, wie manche Naturforscher zu meinen scheinen, vollkommen zu neutralisiren oder sich mit ihr zu sättigen, wie die oft lange dauernden Wirkungen des Kalkes beweisen. Allein die Pflanzen scheiden vermittelst der Kraft ihrer Wurzeln eine Säure aus, welche den kohlensauren Kalk zersetzt; durch diesen Proceß bereiten sich die Pflanzen aus dem Gesteine des Bodens selbstthätig einen Theil ihrer Nahrung. Zu solchen Pflanzen gehören vor allen die Phanerogamen und Kryptogamen, zu deren ersteren man die Waldbäume und Leguminosen, zu letzteren aber die Patellaria calcaria, Verrucaria Schraderi und Leoidea immersa im Besonderen rechnet.

In diesen gegenseitigen Einwirkungen der Kohlensäure auf die Kalkerde muß man eine vorzügliche Nahrungsquelle der Waldpflanzen suchen. Ein Theil ihrer Wurzeln dringt mehr oder weniger tief in den Boden oder das Gestein ein, bewirkt jene Zersetzungen, und bringt die etwa nicht aufgenommenen Nahrungstheile zu den mehr oberflächlich hinlaufenden Wurzeln. Auf diesem Wege verschaffen sich die Waldpflanzen hinlängliche Nahrung, ohne daß ihnen solche Stoffe durch die Kunst mitgetheilt zu werden brauchen. Den Zersetzungsproceß selbst bethätigt vorzugsweise die in dem Gesteine liegende elektrochemische Kraft, welche zur Auflösung und Umwandlung

Digitized by Google

ſowohl der mineraliſchen als organiſchen Beſtandtheile, zugleich aber auch zur hinreichenden Feuchtigkeit des Bodens zu Gunſten des Nahrungsſaftes der Pflanzen ſehr viel beiträgt *).

Für den Einfluß der Kalkerde und für ihre Umwandlung in Pflanzennahrung tritt auſſer der Kohlenſäure vorzüglich die Humusſäure wieder als diejenige hervor, welche durch ihre zerſetzende Kraft für den Ernährungsproceß ſehr günſtig wirkt: durch ihre Eigenſchaft, den Übergang der Erden und Oxyde in Pflanzennahrung in derjenigen Menge zu vermitteln, bei welcher das Wachsthum der Vegetabilien am Beſten gedeiht, liefert ſie aus der Kalkerde ein baſiſches, neutrales und ſaures Salz; ſämmtliche Verbindungen ſind im Waſſer löslich und als ſolche für die Ernährung ſehr einflußreich.

Die Humusſäure ſcheint die kohlenſaure Kalkerde, welche beſonders dann eine große Fruchtbarkeit entwickelt, wenn ſie mit ſandigen oder thonigen Theilen vermiſcht iſt, wodurch ſie den ſogenannten mergeligen Boden liefert, zu zerlegen, und die Kohlenſäure in Gasgeſtalt zum Entweichen zu bringen. Nach vollſtändiger Zerlegung ſcheint ſie im Boden humusſauren Kalk zu bilden, der für den Ernährungsproceß der Pflanzen ein doppelt günſtiges Nahrungsverhältniß darbietet. Er verſorgt die Pflanzen mit einer hinreichenden Menge Kohlenſtoff und bietet ihnen unter Vermittlung des Waſſers und der Humusſäure fortwährend ſoviel Kalkerde dar, als hinreichend iſt, entweder gehörig aſſimilirt oder ausgeſchieden zu werden.

Aus dieſem Zerſetzungsproceſſe, welcher für die Acker-

*) Die kohlenſaure Kalkerde findet ſich beſonders häufig in den von Kalkbergen abgeſchwemmten Erdtheilen; ſie iſt meiſtens über Kreidegebirgen gelagert, wo ſie gewöhnlich wegen Mangel an anderen pflanzennährenden Stoffen oder wegen mancherlei phyſiſcher Verhältniſſe nicht beſonders fruchtbar iſt, obgleich ſie in der Regel die Fruchtbarkeit des Bodens ſehr erhöhet. In ſolchen Lagen befördert ſie oft das Wachsthum der Weißbuchen, welche einen feuchten und humusreichen Sandboden lieben, eben ſo ſehr, als ihr Mangel ein Hinderniß des üppigen Wachſens iſt.

Digitized by Google

und Gartenpflanzen besonders dann nachtheilig werden kann, wenn nicht hinreichend Kalkerde vorhanden ist, um andere Verbindungen einzuleiten, zieht vorzüglich die Waldvegetation für ihre Ausbildung sehr große Nahrungsvortheile, weil die aus der Verwitterung des Kalksteines entstandenen Erdarten natürlich sehr viel Kalk enthalten und erst durch den Einfluß der aus der Humusdecke des Waldbodens sich entwickelnden Humussäure in denjenigen Zustand versetzt werden, worin sie den Pflanzen selbst zum üppigen Wachsen förderlich werden. Nun ist in Folge jener Entstehungsverhältnisse die Kalkerde eine von den am Meisten verbreiteten Erdarten und fehlt selbst dem Flugsande nicht ganz, mithin leidet weder der gewöhnliche Acker- und Gartenboden noch vielweniger der Waldboden Mangel an derselben; sie kömmt, obgleich durch den Ernährungsproceß dem Boden entzogen, durch Verwesung der Pflanzenüberreste in den Boden in reichlichem Maaße wieder zurück.

In Folge des Überganges der Überreste in Humus entsteht kein Mangel an der zur Einleitung jener Prozesse erforderlichen Menge von Humussäure. Fehlt zugleich der nöthige Grad von Feuchtigkeit und Wärme nicht, so wird der Verbrauch der Kalkerde allmählig wieder ersetzt, dieselbe von Neuem zersetzt, und außer Wasser auch kohlensaurer Kalk gebildet, welcher die Pflanzen mit Kohlensäure versieht, und das Wachsthum der Pflanzen ungemein befördert. Da für den Waldboden die Kälte nicht so tief eindringen und die vorhandene Humussäure durch das Gefrieren nicht so leicht in einen unauflöslichen Zustand versetzen kann, so erhält nebst jener chemischen Beziehung die Waldvegetation auch in physischer besondere Vortheile.

Aus Erfahrung weiß man, daß eine Erde, welche gegen die Winterkälte verwahrt geblieben war, weit üppigeren Pflanzenwuchs hervorbringt, als eine, wenn gleich in allen möglichen Verhältnissen ihr ganz gleiche, aber vom Froste durchdrungene. Viele Gärtner bedecken daher diejenige Erde,

Digitized by Google

welche sie zu Treibereien benutzen wollen, mit Laub, Moos u. dgl., oder suchen sie auf irgend eine andere Weise gegen die Einwirkung der Kälte zu schützen. Diese bewirkt zwar bei der durch die Humussäure und Kalkerde gebildeten humussauren Kalkerde eine Zersetzung und bringt kohlensauren Kalk und andere chemische Verbindungen hervor; allein die Humussäure wird doch in jenen unauflöslichen Zustand versetzt, und dadurch den Pflanzen, da sie sich mit den Erden und Oxyden nur in gelöstem Zustande zu humussauren Salzen verbinden kann, eine sehr ergiebige Nahrungsquelle entzogen.

Auch die Salpetersäure wirkt auf die Kalkerde zersetzend, es entsteht salpetersaure Kalkerde, welche in manchen sich durch Fruchtbarkeit auszeichnenden Bodenarten vorkömmt. Die Salpetersäure gelangt häufig durch Gewitterregen zum Boden, und der salpetersaure Kalk selbst erzeugt sich durch die Verwesung organisch-thierischer Körper, weswegen er sich in dem gewöhnlichen Dünger findet. In dem Safte vieler Pflanzen z. B. in dem der Cruciferen, hat man bei chemischen Analysen Kalksalpeter angetroffen, welchem sowohl manche Düngercomposte als Abfälle der Salpeterplantagen ihre gute Wirkung verdanken. Man kann daher mit vielem Rechte behaupten, daß der Kalksalpeter für die Bildung der stickstoffhaltigen Pflanzenbestandtheile besonders zuträglich ist.

Da aber die Salpetersäure nicht allein mit Kalk, Kali, wodurch sich in manchen Bodenarten eine solche Menge salpetersaures Kali bildet, daß es freithätig auswittert, und sehr fruchtbarer Boden erzeugt wird, und Bittererde, welche sich in allen Pflanzen findet, also auch aus ihren Überresten wieder in den Boden zurückkehrt, verbunden im Boden vorkömmt, sondern auch in vielen Pflanzen gefunden wird, so leidet weder der Ackerboden wegen der ihm zukommenden Dungmaterialien, noch der Waldboden wegen der Verwesung pflanzlicher und unzählig vieler Insekten- und Thierüberreste und ihrer Auswürfe an dieser Säure Mangel. Dieses anzunehmen ist man um so mehr berechtiget, als Salpeter-

Digitized by Google

säure auch dann erzeugt wird, wenn stickstoffhaltige organische Körper mit Salzbasen und atmosphärischem Wasser in Berührung kommen. Sobald nämlich der Sauerstoff frei wird, verbindet er sich mit atmosphärischem Sauerstoffe zur Salpetersäure, welche sich alsdann weiter mit den Salzbasen verbindet, weil sie zu diesen eine überwiegende Verwandtschaft hat.

Wendet man diese Processe auf den künstlich mit verschiedenen Dungcomposten zu versehenden Ackerboden und auf den durch natürliche Düngung stets besser werdenden Waldboden an, so erkennt man aus ihnen, daß durch die Einwirkung der Salpetersäure auf die Kalkerde den Pflanzen ein sehr günstiger Nahrungsstoff bereitet wird. Einen Beweis hierzu liefert die Beobachtung, daß derjenige Boden, in welchem solche Zersetzungen der Kalkerde in hinlänglicher Menge vor sich gehen, sehr fruchtbar ist *), und daß in Folge der verschiedenartigen Bildungsprocesse der Salpetersäure im Acker- und Waldboden jene Zersetzungen unaufhörlich stattfinden, wozu der Regen vieles beiträgt. Man wird daher die günstige Einwirkung dieser Wechselverhältnisse für den Ernährungsproceß nicht übersehen.

Gemäß der Erfahrung und Versuche wird die Schwefelsäure durch Verwesung des Laubes oder anderer Holztheile bei 100 Gewichtstheilen immer um einige Zehntel angetroffen, und dadurch erzeugt, daß schwefelsaures Gas, Sauerstoffgas und Wasser mit einander in Berührung kommen, und Salpetersäure und wässeriges Chlor sie aus der schwefeligen Säure hervorrufen; findet sich in den Quellen, in der Pflanzenasche und im Dünger, mithin muß sie in Folge ihrer zersetzenden

*) Da der Salpeter, wie Versuche im Kleinen und Großen, nebst ihren Erfolgen beweisen, ein sehr kräftiges Dungelement darbietet, so wäre seine Anwendung allerdings sehr zu empfehlen; allein der hohe Preis läßt dieses nur in wenigen Fällen ausführen.

Digitized by Google

Eigenschaft für den Ernährungsproceß sehr vortheilhaft wirken. Hierdurch bildet sie die schwefelsaure Kalkerde, welche in der Natur in großer Menge vorkömmt, und bei der bekannten Wirkung des Gypses die wichtigste Rolle spielt.

Die wohlthätige Wirkung der schwefelsauren Kalkerde auf die innere Entwickelung der Pflanzen und ihre verschiedenen Vegetationsperioden sind bekannt, und die Erfolge der Gypsdüngung, welche eine große Allgemeinheit erhalten hat, und auf gewisse Pflanzen, z. B. auf die Schmetterlingsblumen, ausgezeichnet günstig wirkt, gewähren die einfachsten und klarsten Beweise von dem großen Einflusse, welchen die Zersetzung der Kalkerde durch die Schwefelsäure hervorbringt. Über die Ursache selbst sind jedoch die Stimmen der Naturforscher getheilt: Einige wollen die pflanzennährende Kraft des Gypses der in ihm vorhandenen Kalkerde, Andere aber der Schwefelsäure ausschließend zuschreiben *). Obgleich keinem Beobachter unbekannt seyn wird, daß auch andere durch den Einfluß der Schwefelsäure zersetzte Körper z. B. das Kali, Natron, Eisen u. dgl. zur Ernährung der Gewächse sehr viel beitragen, so ist doch nicht anzunehmen, daß jene Kraft des Gypses alleinig weder in der Schwefelsäure, noch in der Kalkerde zu suchen sey.

Ich glaube vielmehr, daß in Folge der durch die Schwefelsäure bewirkten Zersetzung der Kalkerde die in ihr ursprünglich liegende elektrochemische Kraft angeregt, und hierdurch den Pflanzen nicht allein durch die Kalkerde unter Einfluß des Wassers verflüssigte materielle Nahrungsmittel zugeführt werden, sondern daß durch den Proceß selbst der Organismus der Pflanzen gereizt und ihre Lebensthätigkeit erhöht wird.

*) Anzunehmen, daß die Schwefelsäure das allein wirkende Princip sey, würde durch mancherlei Erscheinungen widersprochen werden. Versuche im Kleinen bestimmen mich, jener Meinung zu widersprechen; die verschiedenen Gründe für meine Behauptung beruhen auf mehrjährigen Beobachtungen.

Digitized by Google

Nach dieſer Anſicht wirkt alſo die Schwefelſäure auf doppelte Weiſe, dient einerſeits als Reizmittel, bereitet andererſeits aus der Kalkerde wirkliche materielle Nahrung; denn man hat bei vielen Analyſen in mehreren Pflanzenbildungstheilen z. B. im Kleber, meiſtens Schwefel und Kalk angetroffen.

Indem Humusſäure und kohlenſaure Alkalien auf den Gyps zerſetzend einwirken, ſo iſt ſein Einfluß nicht ſchnell vorübergehend, ſondern derſelbe äußert ſich, wie vielfach darüber angeſtellte Verſuche beweiſen, auf den Ertrag der Wieſen noch im folgenden Jahre. Wird er aber für einen und denſelben Boden wiederholt angewendet, ſo erſchöpft er in Folge jener Zerſetzungen denſelben ſehr. Wegen ſeiner verſchiedenen Wirkungen, denn er wirkt auf manchem Boden gar nicht und iſt der Vegetation manchmal ſehr nachtheilig, was beſonders dann geſchieht, wenn er auf ſehr humoſem Boden in großer Menge verwendet wird, hat er unter allen mineraliſchen Körpern als Düngermaterial die größte Aufmerkſamkeit erregt und beſonders ſorgfältige Beſtimmungen des Verhältniſſes der Quantität und Ackerfläche veranlaßt. Mehr als 150 bis 200 Pfunde auf den baieriſchen Morgen zu verwenden, hat man nach Beſchaffenheit des Bodens nicht für gut gefunden.

Da er mittelſt der Schwefelſäure die Lebensthätigkeit der Pflanzen erregt, die Feuchtigkeit aus der atmoſphäriſchen Luft und mit ihr Sauerſtoff abſorbirt, wenn er im gepulverten Zuſtande auf die graßartigen Pflanzen geſtreut wird; da er gemäß der Erfahrung überhaupt den Ertrag des Luzerner- und Melilotenklees oft mehr als verdoppelt und auf Pflanzen mit breiten und dicken Blättern, nicht aber auf Getraidearten vortheilhaft wirkt, ſo wird er für den Ackerboden als Nahrungsmittel ſehr wichtig, und läßt durch dieſen Einfluß auf eben ſo günſtige Verhältniſſe für den Waldboden ſchließen, wenn man die verſchiedenen Bildungsproceſſe der Schwefelſäure und ihre zerſetzende Kraft bei der Kalkerde in Erwägung zieht.

Sie bildet zwar mit dem Kalke eine im Waſſer ſchwer

Digitized by Google

lösliche Verbindung, wird aber durch die Einwirkung der Salzsäure, welche mit dem Kalke leicht lösliche Verbindungen eingeht, oder durch die der Essigsäure gefällt. Beachtet man nun die Thatsache, daß in 100 Gewichtstheilen von lufttrockenem Laube der Ahornen 0,69; der Hainbuchen 0,12; der Rothbuchen 0,09; der Eichen 0,03; der Linden 0,08; der Birken 0,12; der Ulmen 0,17; der Erlen 0,19; der Eschen 0,32; der Pappeln 0,34 u. s. w. Theile Schwefelsäure gefunden werden, und daß in dem Waldboden nebst vielen anderen Bedingungen zu Zersetzungen fast allgemein der erforderliche Feuchtigkeitsgrad vorhanden ist, durch welchen jene vorzugsweise befördert werden, und daß endlich durch die jährlichen Abfälle die Erfordernisse zu Verwesungsgährungen in hinreichender Menge gegeben sind, so wird man um so weniger widersprechen können, daß aus dem Einflusse der Schwefelsäure auf die Kalkerde den Waldgewächsen eine sehr reichliche Nahrungsquelle eröffnet wird.

Vergleicht man obige Antheile von Schwefelsäure mit dem Gehalte von Kalkerde, welcher in denselben Gewächsen vorkömmt, so erhält man in dem Waldboden für den Zersetzungsproceß selbst einerseits den Stoff, andererseits die einwirkende Säure und zugleich die jenen einleitende Feuchtigkeit. So lange demnach für die Waldvegetation die Bedingungen zu den Verwesungsprocessen vorhanden sind, und ihr verbleiben, eben so lange wird in ihm fortwährend Schwefelsäure entwickelt, schwefelsaure Kalkerde gebildet und letztere in Folge derselben Processe in Pflanzennahrung umgewandelt.

Da alle Pflanzen Natron enthalten, in welchem die Salzsäure gleichsam gebunden vorkömmt, so findet sich diese Säure auch in den verschiedenen Bodenarten. Nun wirkt sie gleich jeder Säure zersetzend auf die Kalkerde und bildet den salzsauren Kalk, welcher in unsern Tagen als ein vorzügliches Düngungsmittel angewendet wurde, mithin fließt aus dieser Zersetzung den Pflanzen sehr viel Nahrung zu. Zu diesem Schlusse berechtigen die physischen und chemischen Eigen-

schaften der salzsauren Kalkerde; sie zieht nämlich die atmosphärische Feuchtigkeit begierig an, und erhält hierdurch den Boden in feuchtem Zustande, wodurch der Ernährungsproceß stets thätig erhalten wird. Durch den Einfluß der Salzsäure reizt sie die Lebensthätigkeit der Pflanzen und leistet um so mehr Dienste, als sie auf diesem chemischen Wege der Kalkerde die eigentlich nährende Kraft entzieht und den Pflanzen zuführt.

Durch den Einfluß der Salzsäure auf diese Erde hat man versuchsweise manche Pflanzen zu einer Größe gebracht, welche man unter anderen Verhältnissen oder auf natürlichem Wege nie erzielen konnte. Allein wegen der großen Auflöslichkeit dieser Erde kömmt sie im Boden nur in geringer Menge vor; denn die Humussäure und humussauren Salze, die schwefelsauren und phosphorsauren Alkalien zerlegen sie sehr schnell und führen sie dem Untergrunde zu, von welchem sie nur durch tiefes Pflügen oder durch tiefwurzelnde Pflanzen zur Oberfläche gebracht werden kann. Sie erzeugt sich wohl durch Verwesung pflanzlicher Überreste, findet sich in Salzquellen und in gewöhnlichem Wasser und kann aus den Abfällen bei Fabriken oder Salinen oft wohlfeil gewonnen werden; allein ihr Gebrauch für den Ackerboden ist doch sehr kostspielig, obgleich sie in ihrer Anwendung sehr nützlich wird. Aus allen Versuchen ergiebt sich für unsere Darstellungen der Beweis, daß aus dieser Wechselseinwirkung eine für die Ernährung der Gewächse sehr ergiebige Quelle sich eröffnet.

Auch die Phosphorsäure trägt durch ihre zersetzende Einwirkung auf die Kalkerde zu dem Ernährungsprocesse wesentlich bei. Ihr Vorhandenseyn in dem Boden ist dadurch bewiesen, daß sie in allen Pflanzen vorkömmt; in 100 Gewichttheilen von lufttrockenem Laube hat man sie in dem der Hainbuchen zu 0,3; der Rothbuchen zu 0,1; der Ahornen zu 1,5; der Pappeln zu 0,6; der Linden zu 0,7; der Erlen zu 0,3 Pret u. s. w. gefunden: sie findet sich in Eyerschalen, gebrannten Knochen, Krebsschalen u. dgl., gelangt also mittelst

der Verwesung jener Pflanzenüberreste in den Waldboden, mittelst der künstlichen Düngung durch Asche, Schalen der Schalthiere u. dgl. in den Ackerboden. Bezieht man diesen Gehalt von Phosphorsäure auf den der Kalkerde und berücksichtigt die Zersetzung letzterer durch erstere, wodurch die phosphorsaure Kalkerde entsteht, so wird man leicht ermessen können, daß den Pflanzen aus diesem Zersetzungsprocesse Nahrung bereitet wird.

Die in den neuesten Zeiten von den Landwirthen vorgenommenen Düngungen mit Knochenmehl, worin die phosphorsaure Kalkerde, welche sich in manchen Mergelarten oft in bedeutender Menge findet, und dieselben besonders fruchtbar macht, in vorherrschender Quantität enthalten ist, geben von der pflanzennährenden Kraft der phosporsauren Kalkerde die sprechendsten Beweise, welche zugleich bewahrheiten, daß sie in Bezug auf den Ernährungsproceß zu den wichtigsten Bestandtheilen des Bodens gehört. Die düngende Eigenschaft des Knochenmehls beruht vorzugsweise auf seinem Gehalte von dieser Erde, welche die Humussäure auflöst und zu den Pflanzen führt, wobei sich die Wichtigkeit der Humussäure recht deutlich zu erkennen giebt, indem die phosphorsaure Kalkerde sonst unauflöslich im Boden bleiben würde.

Für die Landwirthschaft könnte man die fossilen Knochen, welche sich fast allgemein in großer Menge finden, oft recht leicht zum künstlichen Nahrungsmittel der Pflanzen anwenden, da das Knochenmehl gleich dem Gypse vortheilhaft wirkt. Aus den günstigen Erfolgen der phosphorsauren Kalkerde für die landwirthschaftlichen Produkte mittelst der Kunst und für die forstwirthschaftlichen auf natürlichem Wege erhält man zugleich den Maaßstab, nach welchem man den durch den Einfluß dieser Säure auf die Kalkerde hervorgebrachten Grad von nährender Kraft des Bodens überhaupt und den des Waldbodens im Besonderen zu bemessen hat, woraus der Forstwirth erkennen dürfte, wie viel die Bodenbedeckung vermittelst der jährlichen Abfälle zu jener Kraft beiträgt.

Digitized by Google

Zufolge dieser Entwickelungen wird demnach die Kalkerde durch die Humussäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure und Phosphorsäure zersetzt und in Pflanzennahrung umgewandelt. Zugleich geht dieser Proceß auch durch den Einfluß der salzsauren und phosphorsauren Alkalien, wie im siebenten Abschnitte nachgewiesen wird, vor sich, weil diese überhaupt mit den Säuren sich in der Art verbinden, daß sie sie entweder neutralisiren, oder ihre Wirkung ganz aufheben und Salze hervorbringen. Manche Alkalien, z. B. das Kali, Natron, Lithion und andere bestehen aus einer metallischen Basis mit Sauerstoff verbunden; andere aber z. B. das Ammoniak, enthalten keinen Sauerstoff, und wieder andere z. B. die Pflanzenalkalien enthalten diesen Stoff in Verbindung mit Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff; ihre Menge ist vielleicht so groß, als die der Pflanzensäuren. Die Pflanzenalkalien selbst sind aber in den Pflanzen nie in freiem Zustande vorhanden, sondern immer mit Säuren neutralisirt, wobei letztere doch meistens vorherrschen.

Aus sämmtlichen Erörterungen über die durch die Kalkerde und ihre Zersetzungen, welche die verschiedenen Säuren hervorbringen, erzeugten Ernährungsverhältnisse erkennt man hinreichend, daß diese Erde eine wesentliche Nahrungssubstanz ist, und die Humussäure nebst der Kohlensäure durch die Bildung des basischen und neutralen kohlensauren Kalkes, wie die mit Vorsicht und gewöhnlich zur Nachtzeit vorgenommene Bewässerung der Wiesen, wodurch meistens sehr günstige Resultate erzeugt werden, beweist, eine der wichtigsten Rollen spielt. Sie belehren uns ferner, daß im Besonderen die Waldpflanzen nach Verhältniß ihres Baues und der Beschaffenheit des Bodens, worauf sie vegetiren, und durch welche sie verschiedene Bestandtheile enthalten, durch diese Zersetzungsprocesse in ihrem Wachsthume sehr begünstigt werden. Zugleich folgt noch, daß die chemischen Untersuchungen oder Zerlegungen der Pflanzen in ihre entfernteren und näheren Bestandtheile für den Land- und Forstwirth wichtig, für letz-

Digitized by Google

teren aber um so wichtiger werden, als er dadurch in den Stand gesetzt wird, die einer Pflanze nöthigen Nahrungsstoffe in allgemeinen Beziehungen ermitteln, und viele Erscheinungen der oft lokalen üppigen Vegetation der Forstgewächse erklären zu können.

Die Talkerde, auch Bittererde genannt, kömmt in denjenigen Bodenarten, welche aus der Verwitterung des Bitterkalkes, Dolomits und anderer Mergelarten der jüngern Flötzformation entstanden sind, also in allen Pflanzen und meistens mit der Kalkerde, freilich in viel geringerer Menge, z. B. bei den baumartigen Waldpflanzen, in Verbindung vor, woraus man folgern darf, daß sie in Folge der verschiedenen Zersetzungen, welche die mancherlei Säuren auch bei ihr hervorbringen, den Pflanzen ebenfalls zur Nahrung dient, obgleich man ihre Gegenwart als der Vegetation nachtheilig erklären wollte, und theilweise noch als solche erklären will. Gegen diese Meinung sprechen mehrere Thatsachen, unter andern der Umstand, daß diese Erde nach den neuesten Untersuchungen in dem Acker- und Waldboden weit allgemeiner vorkömmt, als man früher geglaubt hat, und daß z. B. manche Mergelarten mit Kohlensäure und Humussäure verbunden eine sehr große Fruchtbarkeit entwickeln, welche sie den verschiedenen Zersetzungen der Talkerde theilweise zu verdanken haben.

Man hat sie in allen Gewächsen, deren Stengeln mit fadenartigen Rinden umgeben sind, z. B. im Flachse, welcher unter allen landwirthschaftlichen Pflanzen am Meisten diese Erde aufnimmt, und nur in dem viel Bittererde enthaltenden Mergel recht gut gedeiht; in allen Halm- und Schotenfrüchten; in dem Mais, in den Kartoffeln und Rübenarten, dann aber auch in vielen Holzarten gefunden. In dem lufttrockenen Laube der Ahornen haben Analysen 0,6; in dem der Pappeln, Linden und Erlen 0,5; der Eschen und Ulmen 0,4; der Eichen, Birken, Weiß- und Rothbuchen mehr als 0,3; der Weiden mehr als 0,2 Theile in 100 Gewichtstheilen

Digitized by Google

zu erkennen gegeben, mithin gehört sie auch für die Forstpflanzen zu den allgemeinen Nahrungsmitteln *).

Berücksichtigt man die Verbindungen, welche die verschiedenen Säuren mit der Talkerde eingehen, so sieht man auch für sie die Humussäure und Kohlensäure als die kräftigsten hervortreten, welche diese Erdart zur Pflanzennahrung bestimmen und sie in letztere umwandeln. Durch diese Zersetzungen entsteht humussaure und kohlensaure Talkerde, welche, wenn sie in zu großer Menge vorhanden ist, den Pflanzen leicht nachtheilig wird. Das Wasser löst diese Verbindungen leicht auf; die Humussäure zersetzt wahrscheinlich die kohlensaure Talkerde, und bildet Kohlensäure, welche im Übermaaße vorhanden schädlich wirken mag, wie das Übermaaß eines jeden Stoffes. Die Düngung mit gebranntem Kalke, welcher sehr reich an Talkerde ist, kann dem Ackerboden nur dann besonderen Vortheil bringen, wenn derselbe arm an ihr ist; ihre ätzende Eigenschaft wirkt in jenem Falle lange anhaltend und zerstört die Lebensthätigkeit der Pflanzen. In dem geschützten Waldboden wird zwar aus dem Verwesungsprocesse die Talkerde ausgeschieden; allein sie wird den jungen Pflanzen doch nicht nachtheilig, weil sie von der meistens überflüssig vorhandenen Humussäure zersetzt wird, und in den pflanzlichen Überresten gemäß obiger Resultate von vorgenommenen Analysen meistens nur in untergeordneter Menge vorkömmt.

---

*) Bei Anwendung eines gebrannten Kalkes als Dungmittel beobachtete man in England sehr nachtheiligen Einfluß, und fand ihn bei näherer Untersuchung sehr reich an Talkerde, wodurch die Meinung von ihrer nachtheiligen Wirkung für die Vegetation entstand. Daß sie irrig ist, wird durch viele andere Versuche dargethan; sie ist gemäß dieser eben so wichtig als jeder andere Nahrungsstoff. In der Asche von 100 Theilen Holz fand man bei Buchen 0,024; bei Eichen 0,003; bei Ahornen 0,038; bei Eschen 0,032; bei Erlen 0,015 Theile Talkerde u. s. w. Bei den meisten Holzarten ist sie in mittlerer Menge gegen andere Nahrungsstoffe vorhanden, und bedingt ihren fröhlichen Wuchs mit.

Digitized by Google

Gewöhnlich finden sich diejenigen Nahrungsstoffe, welche den Gewächsen durch ihr Übermaaß nachtheilig werden können, nur in geringer Menge im Boden, und geben hierdurch einerseits zu erkennen, daß die Natur gleichsam selbstthätig gegen nachtheilige Einflüsse schützt, andererseits, daß die Pflanzen das Vermögen besitzen, Nahrungsstoffe auszuscheiden und in den Umgebungen ihrer Wurzeln abzulagern. Die kohlensaure Talkerde kömmt häufig im Kalksteine und Mergel vor; beide Körper aber geben für den Ackerboden ein sehr günstiges Nahrungsmittel ab, mithin ist bei ihrem Einflusse jene Erdart zu berücksichtigen, obgleich sie für sich allein nicht als Düngungsmittel zu gebrauchen ist. Da sie sich übrigens in den Zersetzungen eben so wie die Kalkerde verhält, so ist eine besondere Betrachtung ihrer Beziehungen überflüssig, und auf das bei jener Gesagte zu verweisen, woraus im Allgemeinen folgt, daß Acker- und Forstgewächse durch diesen chemischen Proceß viel Kohlenstoff erhalten.

Ähnliche Resultate bietet der Einfluß der Salpetersäure auf die Talkerde dar; alle salpetersauren Salze tragen bekanntlich wegen ihres Stickstoffgehaltes sowohl zur Ernährung der Gewächse als zur Bildung ihrer Bestandtheile wesentlich bei, mithin erwächst ihnen aus der Zersetzung der Talkerde durch diese Säure eben so viel Nahrung als aus der Zersetzung der Kalkerde. Der Einfluß dieser Säure auf die Talkerde erscheint um so wichtiger, als die Pflanzen zur Bildung des Klebers und Eiweißes Stickstoff bedürfen, welchen die Blätter aus der atmosphärischen Luft nur in sehr geringer Menge absorbiren. Die Pflanzen müssen ihn daher auf anderem Wege erhalten; dieses geschieht durch die Einwirkung der Salpetersäure auf die Talkerde, übrigen Erdarten und Oxyde. Die salpetersaure Talkerde trägt demnach zur Ernährung der Gewächse viel bei, und muß vom Land- und Forstwirthe berücksichtigt werden.

Gleich günstig wirkt die Schwefelsäure auf die Talkerde und hierdurch materiell und dynamisch auf den Ernährungs-

Digitized by Google

proceß; die hieraus entstehende schwefelsaure Talkerde wird zwar wegen ihrer leichten Auflöslichkeit im Wasser alsbald ausgelaugt; allein die Vegetation zieht daraus doch große Vortheile, indem ähnliche günstige Einflüsse, wie beim Gypse entstehen. In bedeutender Menge einem Boden beigemischt, wirkt wohl die schwefelsaure Talkerde nachtheilig; allein dieser Nachtheil ist eines Theils wegen der leichten Auflöslichkeit, anderen Theils wegen der schnellen Auslaugung nicht zu fürchten; in jenem Falle wird sie im Untergrunde vertheilt, in diesem vom Regenwasser hinweggeführt. In der Landwirthschaft hat man von ihr bei dem Baue der Kartoffeln, Rübenarten, des Mais, der Halm- und Schotenfrüchte Anwendungen gemacht, und sehr günstige Resultate erhalten. In der Forstwirthschaft hat man beobachtet, daß sie den Eichen, Buchen, Linden, Pappeln, Erlen, Fichten und anderen Waldgewächsen sehr zuträglich ist, und ihr Wachsthum sehr befördert; Buchen-, Ahorn- und Eschenholz nimmt am Meisten auf.

In vielen Pflanzenbildungstheilen findet man die Salzsäure in Verbindung mit der Talkerde, woraus die salzsaure Talkerde entsteht, welche dieselben Verhältnisse darbietet, wie die salzsaure Kalkerde; sie trägt daher zur Beförderung des Ernährungsprocesses wesentlich bei, und verdient gleiche Aufmerksamkeit, wie diese. Die Salzpflanzen, welche gemäß der Erfahrung ohne die salzsaure Talkerde gar nicht gedeihen können, beweisen diesen Einfluß am Deutlichsten. Aus mehreren Pflanzenanalysen erschließt man das Vorhandenseyn einer bedeutenden Menge von kohlensaurer Talkerde, mithin ist man anzunehmen berechtiget, daß die salzsaure Talkerde sowohl von den Wurzeln als Blättern der Pflanzen zersetzt und als Nahrungsstoff aufgenommen wird; die Fruchtbarkeit des Lehm- und Mergelbodens beweist dieses.

Da die Phosphorsäure in Verbindung mit der Talkerde sowohl in den Exkrementen der Thiere als in vegetabilischen Überresten vorkömmt, so wirkt die Zersetzung derselben durch die Säure, woraus die phosphorsaure Talkerde entsteht, auf

Digitized by Google

die Ernährung der Gewächse vortheilhaft ein. Aus jenen Exkrementen und der Verwesung dieser Überreste darf man auf das Vorhandenseyn dieser Erdart in dem Acker- und Waldboden schließen, und wird man aus den Eigenschaften beider Substanzen zu der Behauptung berechtiget, daß sie das Wachsthum der Pflanzen befördern, und zu den Nahrungsmitteln derselben gerechnet werden müssen.

Die Alaunerde findet sich besonders in denjenigen Bodenarten, welche aus der Verwitterung von Thonschiefer, Basalt, Feldspath u. dgl. entstanden sind. Diese Gesteinarten sind zwar chemisch aus heterogenen Bestandtheilen zusammengesetzt, und scheinen dem Äußeren nach sehr dicht zu seyn, werden aber durch chemische Kräfte doch allmählig zersetzt, und bilden eine im Allgemeinen fruchtbare Erde, woraus folgt, daß die Alaunerde für den Ernährungsproceß wichtig wird, und zu den allgemeinen Nahrungsmitteln gehört, wozu sie aber erst durch den zersetzenden Einfluß der verschiedenen Säuren gemacht wird.

Daß sie als Nahrungselement nicht in großer Menge erforderlich ist, beweisen die Ergebnisse verschiedener Pflanzenanalysen. Bei 100 Theilen lufttrockenen Laubes hat man von ihr im Eichenlaube 0,04; im Eschenlaube 0,008; im Weißbuchenlaube 0,03; im Ahornlaube 0,005; im Rothbuchenlaube 0,05; im Erlenlaube 0,06; im Lindenlaube 0,05 und im Birkenlaube 0,03 Theile gefunden; im Laube der Pappeln, Ulmen und anderer Holzgewächse hat man sie bis jetzt noch nicht entdeckt. *) Findet sie sich gleich in geringer Menge in den Pflanzen, so trägt ihre chemische Verbindung mit dem Wasser, welche man technisch mit „Alaunerdehydrat" bezeichnet, zu dem Ernährungsgeschäfte darum besonders bei, daß sich hiermit Humussäure vereinigt, welche, in einen löslichen Zustand ver-

*) Wohl aber im Holze der Weißbuche und Eichen zu 0,005; der Eschen zu 0,018; der Erlen zu 0,006 Theilen in 100 Gewichtstheilen.

Digitized by Google

ſetzt, die Fähigkeit zu nähren herbeiführt. Dieſe Verbindung iſt unter allen anderen durch die zerſetzende Kraft der Säuren herbeigeführten Verhältniſſe der Alaunerde für den Ernährungsproceß das Wichtigſte und eben darum beſonderer Aufmerkſamkeit werth.

Aus Beobachtungen und Verſuchen hat man die Wahrheit ermittelt, daß die Alaunerde jede Verbindung mit anderen Erdarten, z. B. mit der Kieſelerde, Kalkerde und Talkerde verläßt, um ſich mit der Humusſäure zu verbinden und humusſaure Alaunerde zu bilden. Auch gibt ſie die Verbindung mit den kräftigſten Säuren auf, und bindet durch ihre große Verwandtſchaft die Humusſäure, welche unter anderen Verhältniſſen verflüchtigen würde, was zufolge mancherlei ungünſtiger Bodenverhältniſſe leicht geſchehen kann. Man iſt daher zu dem Schluſſe berechtigt, in dieſer großen Verwandtſchaft der Alaunerde zur Humusſäure eine ſehr ergiebige Nahrungsquelle der Pflanzen zu ſuchen.

Dieſe wohlthätige Eigenſchaft macht uns mit den Gründen bekannt, warum ein Thonboden, welcher eine große Menge Alaunerde enthält, ſehr lange fruchtbar bleibt, da die Alaunerde ſelbſt durch die Humusſäure nur allmählig zerſetzt wird, und warum der Sandboden, welcher gewöhnlich an ihr ſehr arm iſt, ſeine pflanzennährende Kraft ſehr bald verliert. Daß aus dieſem chemiſchen Verhältniſſe die Waldvegetation viele Vortheile zieht, ergibt ſich aus der faſt allgemein vorhandenen Humusſäure; aus ihrem ſteten Erſatze durch den Verweſungsproceß und der hierdurch zum Boden gelangenden Alaunerde. Mit ihr verbindet ſich jene unaufhörlich, weil der Verweſungsproceß fortdauert, und der Waldboden die hierzu erforderlichen ferneren Bedingungen enthält. Hierdurch entſteht die im Waſſer leicht lösliche humusſaure Alaunerde, welche nicht allein materiell, ſondern auch als Reizmittel wirkt.

Zur vollſtändigen Ausgleichung dieſes Proceſſes wird freilich ein hoher Grad von Feuchtigkeit erfordert, welchen ein trockner Boden, z. B. der Ackerboden, oft nicht enthält; allein

Digitized by Google

in dem bedeckten Waldboden ist derselbe vorhanden, und die Auflösung selbst wird in ihm sehr vollkommen zu Stande gebracht. Die chemische, besonders ätzende, Kraft dieser salzhaltigen Erde wird durch die Wassermenge sehr geschwächt und kann darum das Leben der Vegetabilien nicht gefährden oder gar vernichten.

Fehlten in dem Waldboden Humussäure und Feuchtigkeit, so würden seine Pflanzen, wenn er auch noch so reich an Alaunerde wäre, aus dieser durchaus keine materielle Nahrung ziehen. Einen Beleg zu dieser Wahrheit liefern sowohl die sogenannten Waldblößen, als auch diejenigen Schläge, in welchen entweder die jährlichen Abfälle von Laub, Nadeln ꝛc. entzogen oder die Stöcke ausgegraben werden. In Folge jenes Mangels erzeugt sich durch Einfluß der vorhandenen Humussäure ein basisches Salz; jene wird an die Alaunerde gleichsam gebunden, wodurch sie in einen indifferenten Zustand versetzt wird, in welchem sie so lange verbleibt, bis diejenigen Bedingungen dargeboten werden, unter welchen sich ein im Wasser lösliches neutrales Salz bilden kann. Diese Verhältnisse wirken für den Ernährungsproceß allerdings sehr ungünstig, indem durch sie ein Verlust selbst der vorhandenen Humussäure entstehen kann, und geben uns einen Theil der Gründe an, warum die Wiederbepflanzung jener Waldblößen so schwer ist, und die deshalb oft mit großen Unkosten verbundenen Versuche meistens mißlingen.

Soll nun die Alaunerde an die Pflanzen wirkliche materielle Nahrung abgeben, so muß sie mit Humussäure vollkommen gesättigt seyn. Zufolge dieser Erfordernisse wird diese den Pflanzen so lange vorenthalten, als noch Alaunerde vorhanden, und diese mit jener noch nicht imprägnirt ist. Trifft man dieses Verhältniß auch in dem Ackerboden mehrfach an, so findet es dagegen in dem gut bestellten Waldboden um so weniger statt, als er wegen des durch die Verwesungsgährungen der vegetabilischen Überreste sich fortwährend bildenden Humus stets die erforderliche Humussäure erhält.

Digitized by Google

Übrigens wird diese Verbindung der Alaunerde mit der Humussäure nicht allein durch das kohlensaure Ammoniak, Kali und Natron, sondern auch durch freie Eisenoxyde zersetzt, wovon im 6ten und 7ten Abschnitte gehandelt wird. Ich verfolge daher diese für die landwirthschaftliche Produktion sehr wichtigen Verhältnisse nicht weiter. Auch wird die humussaure Alaunerde dann zersetzt, wenn sie dem direkten oder indirekten Einflusse der atmosphärischen Luft ausgesetzt ist; durch den Einfluß des Sauerstoffes bildet sich alsdann aus dem Wasser der Alaunerde sowohl Humussäure als Kohlensäure, welche für den Ernährungsproceß aller Pflanzen, besonders der Holzpflanzen wegen des Kohlenstoffes, die einflußreichsten Elemente darbietet.

Dieser Zersetzungsproceß wird besonders dann beschleunigt, wenn der erforderliche Feuchtigkeitsgrad vorhanden ist; diesen besitzt der Waldboden in Folge mancherlei physischer und chemischer Ursachen, mithin wird zu Gunsten seiner Vegetation jener Wechseleinfluß der Humussäure und des atmosphärischen Sauerstoffes auf die Alaunerde sehr befördert, und ihr eine Nahrungsquelle eröffnet, welche es theilweise begreiflich macht, warum die Waldbäume meistens so üppig vegetiren.

Ein anderes für die Ernährung der Pflanzen günstiges Verhältniß erwächst aus der Verbindung der Schwefelsäure mit der Alaunerde; diese Verbindung, *schwefelsaure Alaunerde* genannt, wird von der Humussäure wieder aufgelöst, wodurch, wenn jene in geringer Menge vorhanden ist, das Pflanzenwachsthum sehr befördert wird; sie bringt manche Leguminosen hervor, und bestimmt sie zu üppiger Vegetation. Wenn jene Verbindung der Schwefelsäure mit der Alaunerde häufig vor sich geht, so entstehen verderbliche Einflüsse auf die Pflanzen, welche, da die schwefelsaure Alaunerde durch andere chemische Körper leicht zersetzt wird, durch Kalk, Mergel und Holzasche beseitigt werden.

Im Waldboden ist die Schwefelsäure, da sie in allen baumartigen Waldgewächsen in 100 Gewichtstheilen meistens

Digitized by Google

zu einigen Zehnteln angetroffen wird, und aus ihnen nach Verwesung vegetabilischer Überreste in den Boden übergeht, stets vorhanden; ihre Menge ist jedoch weit geringer als die der Alaunerde. Auch hier scheint demnach die Natur die Waldvegetation begünstigt zu haben, da für sie ungünstige Bodenverhältnisse nicht so leicht beseitigt werden können, als für die Acker-, Garten- und Wiesengewächse. Die im Boden etwa vorhandene oder durch den Verwesungsproceß der Abfälle in denselben übergehende Menge von Alaunerde wird von den vorhandenen Säuren, vorzugsweise von der Humussäure, in Anspruch genommen, so daß für die Schwefelsäure, welche durch andere chemische Verwandtschaften schneller gebunden wird, nur wenig übrig bleibt, und durch ihren Einfluß das Wachsthum der Pflanzen nicht gestört wird.

Die Phosphorsäure bildet durch ihren zersetzenden Einfluß auf diese Erdart die phosphorsaure Alaunerde, welche theils reizend, theils materiell auf die Pflanzen wirkt. Die vorhandene Humussäure zersetzt aber dieselbe ferner, löst sie im Wasser völlig auf, und führt sie gleichsam verflüssigt in die Gewächse über. Ohne die Humussäure würde sie wirkungslos im Boden verbleiben, und mehr schädlich als vortheilhaft wirken. Die Wichtigkeit und Nothwendigkeit organisch kohlenhaltiger Stoffe in dem Boden ergeben sich hieraus deutlich, da aus diesen die Humussäure sich entwickelt, welche die meisten Erdarten in eigentliche Pflanzennahrung umwandelt und dadurch den Ernährungsproceß vor allen anderen Agenzien beschleunigt.

Da bei der Verwesungsgährung pflanzlicher Überreste nebst der Schwefelsäure meistens auch Phosphorsäure charakteristisch hervortritt, wie z. B. die Analysen der Weiß- und Rothbuchen, der Linden, Ulmen, Lerchen, Kiefern, Eichen, Pappeln und anderer Holzpflanzen beweisen; da während dieses Processes sich stets Humussäure bildet, indem sich der größte Theil ihres Kohlenstoffes mit dem Sauerstoffe und mit einem Theile des vorhandenen Wassers vereinigt; da ohne

Digitized by Google

Gegenwart von Sauerstoff und Wasser eben so wenig Humussäure entstehen, als eine Zersetzung der Pflanzenreste vor sich gehen kann, und da endlich alle diese Hauptbedingungen in dem Waldboden fast allgemein vorhanden sind, so wird man Gründe genug für die Erscheinung haben, wie es dem gegen Streurechen und durch guten Kronenschuß geschützten Waldboden möglich wird, den oft höchst üppigen Pflanzenwuchs hervorzubringen, und nach Abtrieb der Bäume den Boden selbst noch bereichert zu haben, ohne daß ihm Mittel hierzu durch die Kunst dargeboten werden.

Die Salpetersäure und Salzsäure bringen durch ihren Einfluß auf die Alaunerde zwei Salze hervor, welche durch ihre reizende Eigenschaft die Thätigkeit des Bodens erhöhen und aus der Alaunerde materielle Nahrungsstoffe bereiten. Ihre Einwirkung auf den Ernährungsproceß ist daher nicht zu übersehen, wenn letzterer nach seinem ganzen Umfange erklärt werden soll. Beide Säuren gelangen auf verschiedenen Wegen zum Boden, finden sich in den Pflanzentheilen, und gehen mit der Alaunerde Verbindungen ein, welche durch die Humussäure wieder gelöst und zu eigentlicher Pflanzennahrung bestimmt zu werden scheinen.

Nebst den bisherigen Erdarten dürften auch Circonerde, Baryterde und andere zur Ernährung der Gewächse beitragen; allein ihr Einfluß scheint nicht sehr erheblich zu seyn, indem man sie weder in den Eichen, Buchen, Linden, Kiefern, Fichten, Erlen, Pappeln und anderen baumartigen Forstgewächsen, noch in Ackerpflanzen in bemerklicher Menge angetroffen hat. Man hat wohl in der einen oder anderen der genannten Pflanzenarten Spuren von denselben gefunden; allein diese reichen doch nicht hin, von ihnen auf einen besonderen Einfluß für die Ernährung der Gewächse zu schließen und die besonderen Einwirkungen der verschiedenen Säuren auf sie speciell zu erörtern.

Die Landwirthschaft benutzt zur Beförderung des Pflanzenwachsthumes im Besonderen noch den Mergel, welcher

Digitized by Google

aus dem Kalksteine entsteht, in dem die beigemischten fremdartigen thonigen oder quarzigen Bestandtheile über 10 Procent ausmachen, sich entweder als ein zusammenhängendes Fossil oder als eine erdige Masse, gleich dem Thone, in Lagern findet, und mit dem Thone häufig verwechselt wird. Enthält die Thonerde eine überwiegende Menge Kalkerde, so entsteht die mergelige Erde, welche auf die organisch kohlenhaltigen Stoffe des Bodens zersetzend einwirkt, und für die Ernährung der Gewächse sehr wichtig wird, da er schon seit langer Zeit im gebrannten Zustande als Dungmittel verwendet wird.

Diese zersetzende Kraft ist eine natürliche Folge seiner Bestandtheile des Kalkes und Thones, welche in ihm innigst mit einander verbunden sind, und nebst den in ihnen zufällig erscheinenden Alkalien, der Schwefelsäure, Phosphorsäure den eigentlich nährenden Einfluß ausüben. Er wirkt bekanntlich in derselben Eigenschaft, wie der kohlensaure Kalk und Thon, und wird hierdurch zu einem günstigen Nahrungsmittel, wozu noch eine physische Wirkung kömmt, welche er in dem Boden hervorbringt, indem er den Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes erleichtert u. s. w. Zur Ermittelung seiner pflanzennährenden Kraft hat man verschiedene Düngungsversuche angestellt und gefunden, daß er zur chemischen und physischen Verbesserung des Ackerbodens angewendet werden kann.

Er besitzt unter andern das für den Ernährungsproceß allerdings sehr wichtige Vermögen, die im Boden gleichsam schlummernden mineralischen und organischen Kräfte anzuregen, und dadurch das Wachsthum der Pflanzen mittelbar zu befördern. Obgleich er gemäß seiner chemischen Constitution fast auf alle Bodenarten als Dungmaterial passend ist, und ihre pflanzennährende Kraft anregt, auch selbst einiges hierzu beiträgt, so geben seine 5 näheren und entfernteren Bestandtheile doch am Zweckmäßigsten zu erkennen, für welchen Boden er die meiste Kraft besitzt, aus anderen Bodenbestandtheilen

Digitized by Google

Nahrung entwickeln zu helfen, oder selbst solche an die Pflanzen abzugeben.

Daß er für den sogenannten Flughafer die meiste nährende Kraft besitzt, haben mancherlei Versuche und Beobachtungen gelehrt. Fast eben so kräftig wirkt er auch auf das Wachsen des Leines, der Erbsen, Wicken, Möhren, Gersten und des Rapses, indem er vermögend ist, diese Gewächse selbst auf einem Boden hervorzubringen, und zur üppigen Vegetation zu bestimmen, auf welchem sie ohne ihn nicht wachsen. Auch für den Klee wirkt er sehr günstig, da man durch seine Anwendung ein sehr üppiges Wachsen desselben hervorbrachte. Endlich ist seine Wirkung besonders dann sehr günstig, wenn der Boden eine zu große Menge von verschiedenen Salzen enthält, welche im Wasser leicht löslich sind; er macht in diesem Falle vermittelst seiner chemischen Beschaffenheit solche Salzauflösungen unschädlich, entzieht ihnen allmählig ihre ätzende Eigenschaft und bringt hierdurch mancherlei Vortheile hervor. Diese Düngungsverhältnisse werden jedoch nicht weiter verfolgt, da es nur Zweck ist, die Nahrungsmittel der Pflanzen nachzuweisen; im 7ten und 8ten Abschnitte werden über ihn einige nähere Erörterungen gegeben.

VI.

Die Oxyde, Einfluß der Säuren auf sie; daraus hervorgehende Nahrungsstoffe.

Die Analysen der Pflanzenkörper geben unter den feuerfesten Bestandtheilen auch noch metallische Körper das Eisen- und Manganoxyd, freilich in geringer Menge, zu erkennen, woraus im Allgemeinen folgt, daß Eisen und Mangan zu den pflanzennährenden Körpern gehören, also zum Wachsthumsprocesse beitragen. Es ist zwar durch Versuche ermittelt, daß die meisten Metalle auf die Pflanzen als Gifte

Digitized by Google

wirken; allein diese beiden Körper, welche sich theils als Oxyde, theils als Oxydule entweder im freien Zustande oder in Verbindung mit Säuren im Boden finden, machen hiervon eine Ausnahme *).

Von ihrem Vorkommen in den baumartigen Forstpflanzen überzeugt man sich durch die Resultate von chemischen Analysen, wie folgende Übersicht zeigt:

In 100 Theilen lufttrocknen Laubes von	finden sich an Oxyden von		In der Asche von 100 Theilen Holz finden sich	
	Eisen.	Mangan.	Eisen.	Mangan.
Buchen . .	0,034	0,024	0,055	0,027
Eichen . .	0,01	0,05	0,007	0,009
Eschen . .	0,005	0,004	0,005	0,004
Linden . .	0,162	wenig	—	—
Birken . .	0,045	0,096	—	—
Ulmen . .	0,02	—	—	—
Erlen . . .	0,21	0,041	0,018	0,014
Pappeln . .	0,025	0,06	—	—

In diesen und anderen Gewächsen ist das Eisen theils als Oxyd, theils in metallischem Zustande mit Kohlenstoff übersättigt vorhanden, was schon oberflächlich beweist, daß es den Pflanzen zur Nahrung dient. Nebst dem gibt es manche Pflanzenprodukte, welche sich ohne es gar nicht bilden können. Manche Bodenarten verdanken dem Eisenoxyd ihre braune oder rothe Farbe, finden sich über dem rothen eisenschüssigen Sandsteine, und werden allgemein als unfruchtbar angesehen, wovon man aber die eigentliche Ursache noch nicht ermitteln konnte; es mögen chemische und physische Verhältnisse des Ackerbodens gemeinsam dazu beitragen.

Durch den Einfluß der Humussäure wird es allmählig in einen verflüssigten Zustand versetzt, und hieraus vorzüglich für die Riedgräserarten ein sehr günstiges Wachsthumsverhältniß herbeigeführt. Es hat zu dieser Säure eine sehr starke

*) Vollständige Düngerlehre u. s. w. von E. F. Leuchs. Nürnberg 1825.

Digitized by Google

Verwandtschaft, indem es die Verbindungen mit den kräftigsten Säuren verläßt, um sich mit jener zu verbinden. Soll daher das Eisenoxyd und sein Oxydul zur Nahrung der Pflanzen dienlich, und in den aufnehmbaren Zustand versetzt werden, so ist die Humussäure eine der ersten Bedingungen; ohne diese wird jenes nicht wirksam.

Erfahrungen, Beobachtungen und Resultate künstlich angestellter Versuche bestätigen die Erscheinung, daß concentrirte Lösungen von Eisenoxyd den Gewächsen stets schädlich sind, und daß unter anderen eisenhaltigen Salzen das humussaure Eisenoxydul für diejenigen Pflanzen als Gift wirkt, welche wenig Eisen zur Nahrung bedürfen *). In der Ackerkrume kömmt es öfters vor, und mag Ursache seyn, daß manche Stellen derselben unfruchtbar sind. Das aus Hochmooren fließende Wasser ist bekanntlich zur Bewässerung der Wiesen nicht tauglich, indem es selbst gesunde Pflanzen in einen krankhaften Zustand zu versetzen scheint. Dieses Wasser enthält zwar ziemlich viel Kohlensäure, also auch kohlensaures Eisenoxydul, welches durch das Wasser aufgelöst und so den Wiesenpflanzen in zu großer Menge zugeführt wird, worin die ungünstige Wirkung vorzüglich zu suchen seyn dürfte.

Selbst diese negative Seite des humussauren Eisenoxyduls für die Ernährung der Pflanzen beweist, daß aus ihm Stoffe in die Pflanzen übergehen. Da im Ackerboden, noch weniger im Waldboden dieser schädliche Einfluß sowohl wegen der geringen Menge des vorhandenen Eisens, als auch wegen anderer Zersetzungen nicht sehr häufig zu befürchten ist, so dürfte dieser allerdings eben so belehrende als interessante Theil des Ernährungsprocesses im Besonderen nicht weiter zu verfolgen seyn. Obige Analysen beweisen, daß in die humosen Bestandtheile des Bodens das Eisenoxyd nur in sehr untergeordneter Menge übergeht; nur die Erlen und Linden machen eine Aus-

*) Gilberts Annalen, fortgesetzt von Poggendorf. 90. Bd. S. 499.

Digitized by Google

nahme; sie scheinen diejenigen Gewächse zu seyn, welche unter allen das meiste Eisen zu ihrer Nahrung bedürfen.

Wegen jener starken Verwandtschaft des Eisenoxydes zur Humussäure muß man das humussaure Oxyd für einen Bestandtheil aller Bodenarten halten. Es ist hiernach Ursache, daß dem Boden einerseits Humussäure und mit dieser eine Bedingung zur Bereitung von Pflanzennahrung entzogen, andererseits durch das im Boden vorhandene neutrale humussaure Eisenoxyd den Pflanzen von diesem Körper mehr zugeführt wird, als sie bedürfen oder assimiliren können. Die Folge hiervon ist ein kümmerliches Wachsen der Pflanzen. Hiermit sey nicht gesagt, als sey das humussaure Eisenoxydul allen Pflanzen schädlich; es giebt manche z. B. die Leguminosen, denen weder dieses noch das kohlensaure Eisenoxydul schadet; denn die Esparcette zerlegt die Eisensalze, bewahrt die Humussäure für sich, und scheidet das Eisenoxyd durch die Wurzeln aus.

Es verbindet sich nämlich blos das Eisenoxyd mit der Kohlensäure, welches alsdann in Folge dieses Processes als basisches und neutrales Salz erscheint, wovon ersteres im Wasser unauflöslich, letzteres aber löslich ist. Hieraus darf man wenigstens als wahrscheinlich folgern, daß aus den meisten Verbindungen dieser Art nur in so fern ein günstiges Verhältniß für die Ernährung der Pflanzen hervorgeht, als das Eisenoxydul des Bodens den atmosphärischen Sauerstoff absorbirt, und dasselbe als Eisenoxyd die Eigenschaft, sich in flüssiger Kohlensäure aufzulösen, nicht behält.

Dadurch nun, daß der Humus vermittelst der zersetzenden Kraft der Humussäure auf das basische und neutrale kohlensaure Eisenoxydul fortwährend einwirkt, die theilweise Desoxydation desselben durch fortgesetzte Processe hervorbringt, und das Oxydul mit der aus dem Humus sich entwickelnden Kohlensäure sich vereinigt, entstehen mancherlei chemische und physische Verhältnisse, aus welchen unter verschiedenen Bezie-

Digitized by Google

hungen Nahrungselemente hervorgehen, welche den Pflanzen theils vortheilhaft, theils nachtheilig sind.

Wenn die Schwefelsäure auf das Eisen einwirkt, so entsteht das schwefelsaure Eisenoxyd und Eisenoxydul, welche im Untergrunde zuweilen in so großer Menge vorkommen, daß die Fabrikation von Eisenvitriol darauf zu begründen wäre. Aus Versuchen hat man ermittelt, daß durch den Einfluß des neutralen schwefelsauren Eisenoxyduls, wenn es im Übermaaße vorhanden war, Erbsen, Bohnen, Klee, Flachs, Reps und mehrere andere Früchte in wenigen Tagen ganz zusammenschrumpften *). Dagegen hat man auch gefunden, daß eine geringe Menge günstig auf dieselben wirkte, und den Boden selbst zu sehr großer Fruchtbarkeit bestimmte, woraus mit Zuverlässigkeit zu folgern ist, daß das schwefelsaure Eisenoxydul nur im Überflusse nachtheilig wirke. Da ferner jene schädlichen Wirkungen sich in dem besonderen Falle zeigten, wenn viel freie Humussäure vorhanden ist, so ist man anzunehmen berechtiget, daß jene günstige Einwirkungen dann statt finden, wenn im Boden weniger Humussäure vorkommt; durch sie scheint das Eisensalz, sobald es sich in schwefelsaures Eisenoxyd verwandelt hat, zerlegt und die Kohlensäure frei zu werden. Da endlich schwefelsaures Eisenoxydul durch Kalk, durch alle auflöslichen kohlensauren, phosphorsauren und humussauren Salze zersetzt wird, so muß der Boden nebst der Kalkerde auch Talk- und Alaunerde enthalten, damit die durch die Einwirkung der Humussäure frei werdende Schwefelsäure sich mit denselben verbinden kann, und weniger freie Humussäure entsteht. In der Landwirthschaft lassen sich daher diese schädlichen Einflüsse leicht durch Kalk und Asche beseitigen.

Bezieht man diese durch die Schwefelsäure veranlaßten Verhältnisse auf die Waldvegetation, so läßt sich der schädliche Einfluß freilich durch die Kunst nicht entfernen; allein

*) Poggendorfs Annalen und Leuchs an angef. Orten.

die Verbindungen des Eisens mit den verschiedenen Säuren wirken meistens günstig, weil im Waldboden die Humussäure und Schwefelsäure durch unzählig viele andere Processe gebunden werden; denn es ist weder Mangel an den verschiedenen Erdarten, noch an Bedingungen zu weiteren Zersetzungen vorhanden. Die mancherlei Verwandtschaften der Erdarten und Säuren zu einander lassen für das Eisenoxyd wenig freie Humussäure übrig; letztere geht mit jenem nur allmählig Verbindungen ein, und das humussaure Eisenoxydul entsteht nie oder doch selten im Übermaaße; auch verhindern die weit kräftigeren Baumwurzeln schädliche Einwirkungen weit mehr, als die weicheren Acker-, Garten- oder Wiesenpflanzen. Doch wird der aufmerksame Forstmann in diesen ungünstigen Bodenverhältnissen das Verderben mancher Setzlinge beim Anbau von Waldflächen, namentlich der Hochmoore und anderer Waldblösen zu erklären haben, wenn er anders mit dergleichen chemischen Beziehungen bekannt ist.

Da im aufgeschwemmten Lande und in den meisten Bodenarten Eisen und Phosphorsäure vorkommen, und letztere auf jenes zersetzend einwirkt, woraus das phosphorsaure Eisenoxyd und Oxydul entsteht, so hat man auch diese Körper bei dem Ernährungsprocesse zu berücksichtigen. Bekanntlich trifft man das phosphorsaure Eisenoxyd in Raseneisensteinen an, welche der Vegetation ungünstig sind, was jedoch mehr dem kohlensauren als phosphorsauren Eisenoxydule zuzuschreiben seyn dürfte. Ammoniak wirkt zersetzend auf letzteres; auch bringen Kalk, Mergel und Asche solche Zersetzungen und durch die phosphorsauren Verbindungen günstige Einwirkungen für die Vegetation hervor. Gegründet auf diese Thatsache, dürfte sich aus dem Eisensteine der Sümpfe oder Rasen, welche stets viel Phosphorsäure enthalten, durch eine Vermengung mit Kalk ein kräftiges Nahrungsmittel für die Pflanzen bereiten lassen.

Aus den bisherigen Erörterungen ergibt sich, daß die verschiedenen Verbindungen der Säuren mit dem Eisen, wo-

Digitized by Google

durch seine Verwandlung in Oxyde und Oxydule und umgekehrt bedingt wird, für den Ernährungsproceß häufig negative Beziehungen herbeiführen, aber auch eben so häufig günstige Einwirkungen veranlassen. Sie wirken nur unter gewissen Bedingungen günstig, gehören aber dennoch zu den pflanzennährenden Stoffen, da man sie bei den Analysen der Gewächse und in den verschiedenen Bodenarten beobachtete, woraus sich ihr Übergang in die Pflanzen folgern läßt.

Das Mangan kömmt in der Natur unter verschiedenen Verbindungsarten und in vielen Steinen vor, und ist fast allgemein mit dem Eisen verbunden, mithin als ein sehr verbreiteter Körper zu betrachten. Alle angebauten Gewächse enthalten es, da man es bei Analysen in der Asche derselben in bald größerer bald geringerer Menge, welche vom Boden und dem Pflanzenhabitus abhängt, angetroffen hat. So gaben jene Analysen an Forstpflanzen zu erkennen, daß die Birken, Eichen, Pappeln und Erlen viel mehr Mangan enthalten, als die Linden, Eschen, Buchen und Ulmen. Eine bedeutende Menge desselben wird im Juncus effusus angetroffen; man hat nämlich bei seiner Einäscherung eine durch mangansaures Kali grüngefärbte Asche gewonnen.

Das in den meisten Forstgewächsen vorkommende Manganoxyd und mancherlei andere Analysen beweisen, daß dieser Körper zu den pflanzennährenden gehört, und von den Pflanzen selbst als Nahrungsstoff aufgenommen wird. Die Art und Weise, wie dieses geschehen dürfte, mögte sich am Zweckmäßigsten dadurch erklären lassen, daß man es als Oxyd in chemischer Verbindung im Wasser vorhanden, und als beim Abschlusse der atmosphärischen Luft durch die im Boden vorräthigen organisch kohlenhaltigen Stoffe in Oxydul verwandelt, annimmt. Durch diesen Proceß erhält alsdann das Manganoxyd die Fähigkeit, mit der Humussäure und Kohlensäure jener Stoffe im Wasser lösliche Verbindungen einzugehen. Wie sich dasselbe nun ferner zur Vegetation verhält, liegt noch im Dunkeln. Jedoch ist im Allgemeinen anzu-

Digitized by Google

nehmen, daß sich hieraus ein Nahrungsverhältniß gestaltet, welches sowohl für die Land- als Waldgewächse günstig wirken mag, und im Waldboden um so vortheilhafter werden dürfte, je mehr durch die Bedeckung des Bodens mit den jährlichen Abfällen der Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffes geschwächt ist.

Unter allen Verbindungsarten, welche das Mangan mit den verschiedenen Säuren eingeht, zeichnet sich die mit der Humussäure aus; denn es wird aus einigen Thatsachen wenigstens wahrscheinlich, daß aus dem humussauren Manganoxydule Stoffe ausgeschieden werden, welche im Wasser der Humussäure verflüssigt, den Pflanzen zur Nahrung dienen. Versuche hierüber fehlen noch, und es ist die Behauptung selbst blos eine hypothetische Folgerung aus den zersetzenden Eigenschaften der Humussäure, woraus für die Pflanzen höchst ergiebige Nahrungsquellen sich ergeben.

In wie fern die Verbindungen der Kohlensäure, Salzsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure und Schwefelsäure mit dem Manganoxyd und Oxydul keine indifferente Nahrungsstoffe hervorbringen, ist durch Versuche und Beobachtungen noch nicht dargethan. Alles, was aus dergleichen Verbindungen für die pflanzennährende Kraft des Bodens gefolgert werden kann, läßt sich nur den Eigenschaften der genannten Säuren zuschreiben. Aus ihnen lassen sich wohl mancherlei wohlthätige Wirkungen folgern, aber bis jetzt noch nicht als zuverlässig annehmen. Im Allgemeinen scheinen sie mehr als Reizmittel die Lebensthätigkeit der Gewächse zu erhöhen, als materiell zu wirken, woraus sich ergeben dürfte, daß ihr Einfluß sich häufig negativ gestalten wird.

Digitized by Google

VII.

Die Alkalien und ihre verschiedenen Verbindungen mit den Säuren, die Asche und andere Düngungsmittel in Bezug auf den Ernährungsproceß.

Die mit Sauerstoff imprägnirten Körper, das Kali, Natron, Ammoniak, die Asche und andere mineralische Stoffe gehören zu denjenigen, welche den Ernährungsproceß der Gewächse auf eine oft unbegreifliche Weise befördern, und ein so üppiges Wachsen derselben veranlassen, daß sich kaum Erklärungsgründe genug finden lassen. Die kräftigsten Beweise für diese Wahrheit ergeben sich aus verschiedenen Versuchen, welche man mit diesen Körpern zum Behufe der Düngung, in deren Materien z. B. in den Auswürfen der Thiere, in den faulenden und verwesenden thierischen Körpern u. s. w. sie sich meistens in bedeutender Menge finden, angestellt hat.

Unter allen Alkalien, welche aus einer metallischen Basis in Verbindung mit Sauerstoff vorkommen, zeichnen sich für die Waldpflanzen das Kali und Natron aus, wozu man für die Acker-, Garten- und Wiesenpflanzen noch das Ammoniak, die Asche und das Chlor rechnen muß, deren Wirkung bekanntlich sehr bedeutend ist, wenn sie in gehörigem Maaße angewendet werden; indem namentlich das letztere eine Vereinigung von sehr vielen pflanzennährenden Stoffen ist. Das Kali, Natron und Chlor, besonders ersteres, kommen in allen baumartigen Forstgewächsen bald in größerer, bald geringerer Menge vor; folgende Übersicht beweist dieses:

In 100 Theilen Laub der	finden sich Theile von Kali.	Natron	Chlor	In der Asche von 100 Theilen finden sich bei	Kali.	Natron	Chlor.
Hainbuchen	1,22	0,69	0,42	Ahornholz .	0,115	0,005	0,006
Rothbuchen	1,27	1,31		Eschenholz	0,121	0,189	0,011
Ahornen .	0,93	0,58	0,28	Eichenholz	0,066	0,014	0,005
Birken . .	1,13	0,81	0,28	Rothbuchen	0,091	,009	0,006
Eichen . .	0,71	wenig	0,02	Weißbuchen	0,061	0,013	0,012
Linden . .	1,55	0,2	0,23	Erlenholz .	0,030	0,004	0,014
Ulmen . .	1,58	0,16	0,21				
Erlen . .	1,08	0,22	0,09				
Eschen . .	1,38	0,16	0,25				
Akazien .	1,07	0,13	0,16				
Pappeln .	0,64	0,31					
Weiden .	1,65	0,6	0,32				

Digitized by Google

Diese verschiedene Menge der drei Körper in den verschiedenen Forstgewächsen hängt von dem Vorhandenseyn derselben im Boden und von der Beschaffenheit der Pflanzen selbst ab. Man findet sie in ihnen unter zwei wesentlich verschiedenen Verbindungen, entweder in chemischer mit Kieselerde, oder mit den bekannten Säuren. Durch beide Verbindungsverhältnisse werden sie für das Wachsthum der Pflanzen sehr wichtig. Es bedürfen zwar nicht alle Pflanzen alle Alkalien zu ihrer Nahrung; denn die Musci und Lichenes vertragen nicht einmal Spuren von Kali. Allein alle Forstpflanzen, vorzüglich aber der Weinstock, Buchwaizen und andere landwirthschaftliche Gewächse, welche mit ihren Wurzeln tief in den Boden eindringen, z. B. die Arten der Farrenkräuter, der Disteln, Kletten, Futterkräuter, der Kohl, die Kartoffeln u. s. w. werden in ihrem Wachsthume sehr befördert.

Es ist bekannt, daß diejenigen Bodenarten, welche aus der Verwitterung solcher Fossilien entstanden sind, welche viel Kali enthalten, vorzüglich fruchtbar sind; daß die Pflanzen unter allen organischen Stoffen am Meisten Kali enthalten, und daß die Brachfrüchte den Feldern besonders dadurch nützlich werden, daß sie das in den Untergrund gesunkene Kali zu den oberen Ackerschichten bringen, und den nachfolgenden Pflanzen den Überschuß desselben überliefern. Hieraus folgt auch für die landwirthschaftlichen Beziehungen, daß das Kali zu einem vorzüglichen Nahrungsmittel der Pflanzen gehört.

Wie viel dasselbe z. B. zur Ernährung des Weinstockes und zu seiner üppigen Vegetation beiträgt, geben am Einfachsten die günstigen Erfolge zu erkennen, welche man in manchen Gegenden, welche Mangel an Dungmaterialien leiden, durch den Verbrauch des Reisigs erhalten hat. Der zureichende Grund hiervon kann nur in dem starken Kaligehalte gesucht werden, welcher in diesen Pflanzentheilen vorkömmt. Auch die Asche, deren Preis als gewöhnliche Holzasche viel zu hoch ist, um vom Landmanne als Dungmaterial verbraucht werden zu können, weswegen nur die ausgelaugte, die

Digitized by Google

des Torfes und der Steinkohlen verwendet wird, beweist, daß die Pflanzen bald eine größere, bald geringere Menge Kali zu ihrer Ernährung bedürfen; denn dieselbe ist um so wirksamer, je mehr Kali sie enthält.

Durch die Einwirkung der verschiedenen Säuren auf das Kali entstehen mancherlei Kalisalze, welche als Dungmaterialien nie oder doch höchst selten im reinen Zustande angewendet werden, im Stalldünger, im Urine, in der Asche und in mancherlei anderen Körpern vorkommen. Mittelst der Humussäure wird die Verbindung des Kieselkali allmählig zersetzt, humussaures Kali gebildet, und den Pflanzen die erforderliche Menge von Kali fortwährend zugeführt. Beweise hiervon liefern diejenigen Bodenarten, welche aus Granit, Basalt und ähnlichen Gebirgsarten hervorgingen, welche eine bedeutende Menge Kieselkali enthalten: die Waldkultur liefert hierzu sehr belehrende Belege; indem die Pflanzen oft einen sehr fruchtbaren Boden finden, dessen pflanzennährende Kraft man, wenn auch nicht gerade allein, doch größtentheils, dem in ihm vorkommenden Kali zuschreiben muß.

Überhaupt gelangt das Kali mit Hülfe der tiefeindringenden Wurzeln aus dem Boden zu den Pflanzen, und ist nichts weniger als in denselben vorhanden, wie John *) und manche andere Naturforscher zu meinen scheinen. Wollte man auch annehmen, daß in dem Samen der Pflanzen eine gewisse Menge von Kali schon vorhanden wäre, so läßt sich daraus nicht folgern, daß dieses vom ganzen Kaligehalte gelten kann. Das Kali verbindet sich in den Pflanzen mit anderen Bestandtheilen derselben in fast gleichbleibender Menge auf das Innigste, und scheidet sich auf dieselbe Weise auch wieder aus, wie es während der Processe der Entwickelung der Keimung und des ferneren Wachsthumes in dieselben gekommen ist.

*) In der erwähnten Preisschrift.

Digitized by Google

Da es in Verbindung mit den Säuren sehr leicht auflöslich ist, so wird es entweder ausgelaugt, oder schnell in den Untergrund abgeführt, weswegen es mehr in den unteren Erdschichten als an der Oberfläche angetroffen wird. Umgekehrt verhält es sich, wenn es in chemischer Verbindung mit der Kieselerde vorkömmt, indem es in dieser Eigenschaft mehr in den oberen Bodenschichten gefunden wird. Aus diesen verschiedenen Verhältnissen erkennt man deutlich, daß das Kali sowohl zu den tief- als flachwurzelnden Gewächsen gelangt; daß es jedoch im Allgemeinen diejenigen Pflanzen in der größten Menge aufnehmen, welche mit ihren Wurzeln tief in den Boden hinabreichen, wozu man die meisten Leguminosen, Farrenkräuter u. s. w. rechnet.

Wegen dieser leichten Auflöslichkeit leidet zwar die Oberfläche des Bodens meistens Mangel an Kali; allein für den Waldboden wird dieser Mangel nicht fühlbar, weil das Wurzelsystem der Forstgewächse meistens in die Tiefe hinabreicht, und selbst bei den oberflächlich wurzelnden Forstpflanzen immer die sogenannte Kernwurzel tief in den Untergrund hinabreicht; für den Acker-, Garten- und Wiesenboden wird er entweder durch Dungmaterialien, welche mit ihm imprägnirt sind, oder durch den Anbau solcher Pflanzen ersetzt, welche in dem Untergrunde wurzeln. Zu diesem Zwecke dienen nicht allein der Kohl, die Kartoffeln, der Klee, die Esparcette, sondern alle sogenannten Brachfrüchte. Während also in der Landwirthschaft die Kunst thätig ist, sorgt in der Forstwirthschaft die Natur vorzugsweise durch das Wurzelsystem, namentlich durch die Hauptwurzeln der Pflanzen.

Für alle Gewächse, welche zu ihrer weiteren Ausbildung und Vollendung Chlor bedürfen, ist das Kali ein sehr nützliches Nahrungsmittel; das Chlor, welches sich als Gas mit dem kalten Wasser, mit Metallen und unter gewissen Umständen auch mit den wässerigen feuerbeständigen Alkalien, besonders mit Kali verbindet, kömmt fast in allen baumartigen Pflanzen vor, wie die angegebene Übersicht beweis't, und

Digitized by Google

ſcheint in den meiſten Mergelarten bei der Düngung der Felder und im Quellwaſſer bei der Bewäſſerung der Wieſen ſehr günſtig zu wirken.

Wenn man die Erſcheinungen an der galvaniſchen trocknen Säule *), welche ſelbſt bei ihrer ſchwachen Wirkung das Waſſer in ſeine beiden Elementarſtoffe, Sauerſtoff und Waſſerſtoff, zu verſetzen vermag, auf die großartigen galvaniſchen Proceſſe der Erdarten überträgt und die Erſcheinungen an jener genau erwägt, ſo kann man nicht zweifeln, daß während ihres Vorganges die Beſtandtheile des Waſſers mit in die neuen Stoffverbindungen der Pflanzen ſelbſt übergehen, wornach die Thatſache nicht unbeſtimmt bleibt, daß mineraliſche und metalliſche Beſtandtheile umgeformt und in die Pflanzenſubſtanz als Nahrung aufgenommen werden. Hiervon liefern uns die verſchiedenen chemiſchen Eigenſchaften und Verbindungen des Chlor mit den Alkalien, welche künſtlich angeſtellte Verſuche kund machen, die ſprechendſten Beweiſe. Was von dieſen gilt, darf man auf jene großartige Proceſſe des Bodens übertragen.

Dieſe Umformungen geſchehen freilich nur in ſehr geringer Menge; allein eben dadurch wird es um ſo leichter möglich, den Abgang an Kali durch verſchiedene neue Bildungen allmählig wieder zu erſetzen. Im Untergrunde des Bodens hat man nämlich weder eine Abnahme noch Vermehrung des Kaligehaltes in Folge der darin ſtattgehabten Vegetation beobachten können. Der Waldboden ſelbſt oder die auf ſeiner Oberfläche durch den Verweſungsproceß entſtehenden organiſch-kohlenhaltigen Stoffe erſetzen dieſen Kaliverbrauch, um auf's Neue als Nahrung dienen zu können.

Daß übrigens bei dem Übergange des Kali in die Pflanzen die mineraliſchen Bodengemenge, welche für jede Boden- oder Gebirgsart gleichbleibend und unveränderlich zu ſeyn

*) Verſuche und Beobachtungen an der zamboniſchen trocknen Säule. v. Yelin. München 1820.

Digitized by Google

ſcheinen, im Beſonderen mitwirken, erkennt man am Einfachſten an den Ergebniſſen der Verſuche von Sauſſure's, welche er an den Pflanzen von einerlei Art und gleichem Alter, aber auf verſchiedenen Bodenarten gewachſen, anſtellte, ſie zergliederte und in ihre näheren Beſtandtheile zerlegte. Die Aſche des auf dem Schweizer Granitberge Breren genommenen Fichtenholzes enthielt nämlich 46,34 Theile kohlenſauren Kalk; 13,49 Theile Kieſel; 14,86 Theile Thon; 10,52 Theile Metalloxyde; 6,71 Theile kohlenſauren Kalk; 3,6 Theile Kali und 4,24 Theile ſalzſaures, mit ſchwefelſaurem vermiſchtes Kali. Die Aſche des vom Kalkberge Reculey im Juragebirge genommenen Fichtenholzes aber enthielt 6,3 Theile kohlenſauren Kalk; 16 Theile Thon; 3 Theile Metalloxyde, und 15 Theile ſchwefelſaures und ſalzſaures Kali, allein keinen Kieſel.

Bei ähnlichen Verſuchen und Beobachtungen an der Analyſe der Aſche eines auf dem Juragebirge gewachſenen Rhododendron ferrugineum fand derſelbe Naturforſcher, daß in derſelben 43,25 Theile Kalk und 0,75 Theile Kieſel; in der Aſche derſelben Pflanze, aber vom Berge Breren genommen, 16,45 Theile Kalk und 2 Theile Kieſel, alſo 26,87 Theile Kalk weniger, hingegen 1,25 Theile Kieſel mehr vorkamen.

Beſondere Aufmerkſamkeit für die pflanzennährende Kraft des Bodens und den Ernährungsproceß verdient die Einwirkung des Kali auf die organiſch-kohlenhaltigen Stoffe des Bodens. Dadurch, daß es mit der Kieſelerde verbunden eine im Waſſer unlösliche Subſtanz iſt, verbleibt es in den oberen Erdſchichten. Die Humusſäure wirkt auf das Kali zerſetzend ein, und wird durch dieſen Proceß Urſache, daß die Pflanzen eine große Menge Kohlenſtoff erhalten, und z. B. das Wachsthum der oberflächlich wurzelnden Waldgewächſe ſehr befördert wird. Geht aber die Verbindung der Humusſäure mit dem Kali zu häufig vor ſich, ſo wird den Pflanzen eine zu große Menge humusſauren Kali's zugeführt, welche ſie nicht aſſimiliren können, und es entſteht in Folge die-

Digitized by Google

ses Übermaßes von Kohlenstoff ein kränklicher Zustand der Pflanzen.

Dem zersetzenden Einflusse der Humussäure auf die Verbindung der Kohlensäure mit dem Kali, woraus das kohlensaure Kali entstand, welches sich bei der Verwesung kalihaltender organischer Substanzen, beim sogenannten Rasenbrennen und bei der Verwitterung kalihaltender Silikate bildet, und welches zur Ernährung theils unmittelbar dienlich ist, theils auf die Kieselerde und andere unauflösliche, aber doch pflanzennährende Stoffe auflösend einwirkt, muß man übrigens einen großen Theil des wohlthätigen Einflusses zuschreiben, welchen das kohlensaure Kali, welches auch durch die auflöslichen Salze des Kalkes, der Erden und Metalloxyde zersetzt wird, auf den Ernährungsproceß der Pflanzen und auf die Entwickelung ihrer Lebensperioden ausübt. Hieraus schließt man auf die Thatsache, daß die pflanzennährende Kraft der Holzasche nicht allein dem kohlensauren, sondern auch, und vorzugsweise dem humussauren Kali zugeschrieben werden müsse.

Sehr günstig wirkt dieses Verhältniß auf die Waldpflanzen; das aus den verwesenden Pflanzenüberresten in den Boden übergehende Kali wird sowohl von der Humussäure als auch von dem durch jenen Proceß gleichzeitig sich entwickelnden Chlor chemisch angegriffen, mit den verschiedenen Erdarten vermengt, und in diesen gleichsam gebunden, so daß es den oberen Erdschichten verbleiben muß. Durch verschiedene andere Processe und durch den besonderen Umstand, daß das Kali nicht in zu großer Menge vorhanden ist, und daß die Humussäure zu den mancherlei Basen eine sehr starke Verwandtschaft hat, kömmt in dem Waldboden jenes nachtheilig wirkende Übermaaß um so seltener vor. Auch ist es nicht im Stande, das Vermögen der Bäume, die Nahrungsstoffe auszuscheiden und an ihren Wurzeloberflächen abzulagern, so leicht zu überwältigen.

Die Verbindung der Schwefelsäure mit dem Kali, als

Digitized by Google

Salz, schwefelsaures Kali genannt, welches sich in Quellen, in der Asche der Pflanzen und im Dünger findet und auch durch Zersetzung des Gypses und anderer Substanzen durch das kohlensaure Kali sich bilden kann, befördert den Ernährungsproceß der Pflanzen sehr, und kömmt in dem Waldboden sehr häufig vor, da sich, wie frühere Übersichten zu erkennen geben, beide Bestandtheile z. B. im Holze der Buchen, Eschen, Ulmen, Pappeln, Erlen, Birken und in andern Holzpflanzen in sehr vortheilhaften Verhältnissen vorfinden. Überhaupt werden sie in der Asche aller Pflanzen angetroffen, woraus folgt, daß durch ihre chemischen Verbindungen mit einander sehr kräftig wirkende Nahrungsstoffe bereitet werden. Wirklich hat man auch durch künstlich angestellte Versuche ermittelt, daß hierdurch mehr pflanzennährende Kraft erzeugt wird, als durch den Gyps, welcher als Düngungsmittel so günstige Erfolge gewährt.

Was hier von den landwirthschaftlichen Pflanzungen gilt, darf man auch für die Forstpflanzen in Anspruch nehmen, da durch die Verwesung des Laubes, der Nadeln und anderer Abfälle derselben das Kali und die Schwefelsäure, welche durch die Vegetation verbraucht wurden, in den Boden wieder übergehen, und dadurch die Ursache zu neuen Verbindungen und Zersetzungen mit sich führen. Alle Umstände deuten darauf hin, und Versuche beweisen, daß diese Kaliverbindungen zu den wichtigsten Verhältnissen der organischen Bodenkraft gehören.

Aus Beobachtungen hat man unter anderen Resultaten auch gefunden, daß pulverisirter Schwefel bei Klee und anderen Gewächsen als Düngungsmittel verwendet, das Wachsthum derselben kräftiger befördert, als der Gyps; da sich unter Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffes auf den Schwefel die Schwefelsäure allmählig bildet, so erklärt sich hieraus die pflanzennährende Kraft dieser Verbindung von selbst. Obgleich übrigens der Schwefel, was jedoch selten der Fall ist, bei manchen Pflanzenanalysen in isolirter Gestalt ange-

Digitized by Google

troffen wird, z. B. im Meerrettige, so scheint dieses doch nur in so fern möglich zu seyn, als die aufgenommene Schwefelsäure desoxydirt wurde. Wegen seiner Unauflöslichkeit im Wasser kann der Schwefel, da er nur in verflüssigtem Zustande in die Pflanzen übergehen, und dadurch in sie gelangen kann, daß er sich zuerst in Schwefelsäure verwandelte, nicht als Nahrung dienen.

Verbindet sich die Salzsäure mit dem Kali, so entsteht das salzsaure Kali, welches sowohl in Mergellagern der jüngeren Flötzformationen, als auch in den oberen Erdschichten des aufgeschwemmten Landes und in vielen Pflanzen gefunden wird. Als Fossil findet es sich in der Natur nicht, aber es macht den größten Theil der sogenannten Unterlauge der Seifensieder aus, welche sich der Pottasche und des Kalkes bedienen, um die Seife zu bereiten. Durch Versuche und Beobachtungen hat man ermittelt, daß es bei dem Düngen der Felder mit Körpern, die es in vorwaltender Menge enthielten, und bei dem Bewässern der Wiesen mit Quellwasser, welches von ihm sehr stark imprägnirt war, sehr günstige Erfolge herbeiführte, woraus man folgern darf, daß aus diesen Verbindungen den Pflanzen sehr wirksame Nahrungsstoffe zufließen.

Ein noch günstigeres Nahrungsverhältniß bietet die Verbindung des Kali mit der Salpetersäure, das salpetersaure Kali, dar, was die pflanzennährende Kraft des Kali und Salpeter an und für sich schon zu erkennen giebt; die des letzteren ist zwar schon seit langer Zeit bekannt, aber man ließ sich in Betreff derselben zu der irrigen Ansicht verleiten, derselbe wirke blos reizend. Seine Bestandtheile und chemischen Eigenschaften geben jedoch zu erkennen, daß er, als ein kräftiges Düngungsmittel in manchen Mergelarten hohe Fruchtbarkeit hervorbringend, ein mehr nährendes als reizendes Mittel zur Beförderung des Pflanzenwachsthumes darbietet. Die Wichtigkeit seines Einflusses giebt sich aus der Bildung des Klebers, Eiweißes und anderer Körper zu erkennen,

Digitized by Google

welche als stickstoffhaltige Produkte anzusehen sind. Ohne Stickstoff ist die Bildung dieser Substanzen unmöglich. Der Salpeter aber enthält diesen in überwiegender Menge und die Pflanzen erhalten jenen fast ausschließend durch das Wasser aus dem Boden, mithin muß der Salpeter an die Gewächse einen nährenden Stoff abgeben.

Wenn er der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes ausgesetzt ist, so verwandelt er sich in Salpetersäure, welche im Wasser chemisch gelöst in die Pflanzen übergeht. Man findet zwar in den Säften vieler Pflanzen, z. B. in denen des Stechapfels, der Sonnenblumen, Runkelrüben und anderer Pflanzen mit kreuzförmigen Blumen den Salpeter; allein als solcher konnte er in die Pflanzen nicht gekommen, sondern mußte zuvor in verflüssigtem Zustande vorhanden gewesen seyn. Eine aufmerksame Betrachtung des Herganges dieser Processe der Verarbeitung und Assimilirung der Stoffe zeigt, daß der in genannten Pflanzensäften etwa vorhandene Salpeter bei der ferneren Vegetation allmählig assimilirt wird; jene Erscheinung wird aber nur so lange statt finden, als die Pflanzen ihre vollkommene Reife noch nicht erlangt haben; denn Versuche, welche man an Pflanzen in völlig reifem Zustande vorgenommen hat, zeigten, daß der Salpeter größtentheils verschwunden war.

Aus dem zersetzenden Einflusse der Phosphorsäure auf das Kali entsteht das phosphorsaure Kali, welches sich in allen thierischen Exkrementen findet. Es findet sich in Folge der Düngungen nicht allein in dem Ackerboden, sondern auch in dem Waldboden, da nebst dem Kali auch die Phosphorsäure in den Holzgewächsen in bald größerer, bald geringerer Menge zwischen 0,1 und 1,5 Procent enthalten ist, auf jenes zersetzend einwirkt und hierdurch in den aufnehmbaren Zustand versetzt. Da es aber durch auflösliche Salze von Kalk, Eisen und andern Körpern zersetzt wird, so ist seine Menge im Boden sehr gering.

Aus allen bisherigen Entwickelungen ergiebt sich im All-

Digitized by Google

gemeinen, daß die verschiedenen Verhältnisse, welche das Kali in Verbindung mit den Säuren für den Ernährungsproceß und die Beförderung des Pflanzenwachsthumes darbietet, höchst wichtig sind, und für die Waldvegetation auf natürlichem Wege um so mehr berücksichtigt werden müssen, als ihr Boden die zu allen Processen erforderlichen Bedingungen enthält, wenn ihm die jährlichen Pflanzenabfälle verbleiben. Alle Verbindungen werden vorzüglich in der Asche am complicirtesten angetroffen, weswegen diese in landwirthschaftlicher Beziehung und hinsichtlich des Ernährungsprocesses höchst wichtig wird.

Die Asche, jene pulverförmige Masse, welche nach vollkommener Verbrennung organischer Körper übrigbleibt, enthält nach der Beschaffenheit der Pflanzen und des Bodens, worauf jene wuchsen, verschiedene nicht verbrennbare unorganische, Stoffe, bestehend in Salzen, oder salzähnlichen Verbindungen, z. B. Kohlensäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure in Verbindung mit Natron, Kalkerde, Talkerde und Thonerde, mit Eisen und Manganoxydul und einigen anderen Körpern. Sie wird gewöhnlich aus den Holzarten in eben so verschiedener Quantität als Qualität gefunden. In welchem Zustande und in welchen Verbindungen sich alle genannten Substanzen in den Pflanzen finden, ist wohl durch bestimmte Schlüsse noch nicht theoretisch dargethan; allein man hat darüber mancherlei Erfahrungen, welche allgemeine Resultate ableiten ließen. Das Nähere hierüber wird jedoch nicht im Besonderen hier mitgetheilt, sondern an geeigneten Stellen erwähnt.

Ihre gewöhnliche Eintheilung in Pottasche, Heerdasche, ausgelaugte Asche, Braunkohlenasche und Torfasche *) giebt

*) Man hat auch Steinkohlenasche, welche aber nicht vegetabilischen Ursprungs ist, vorzüglich zu zähen und schweren Bodenarten paßt, deren nachtheiligen Zusammenhang sie auffallend vermindert, weswegen sie nicht in zu großer Menge angewendet werden darf, um den Boden nicht zu locker zu machen.

Digitized by Google

im Allgemeinen ihre Anwendung zu verschiedenen Zeiten zu erkennen. Die Pottasche, auch Pflanzenalkali genannt, wird im Besonderen durch Auslaugen, Verkalken gewonnen, und ist sowohl für das Gewerb- und Fabrikwesen, als auch für die Ökonomie und Forstwirthschaft eine der wichtigsten Substanzen. Die Asche der Birken, Roth- und Hainbuchen, der Weiden, Ellern, Eschen, Ahornen, Rüstern und andern Baumarten enthalten sehr viele Salze, wodurch die eigentliche Holzasche rücksichtlich ihres Einflusses auf physische oder chemische Verbesserung des Bodens in der Landwirthschaft eine der wichtigsten Rollen spielt *).

Unter den Waldpflanzen geben die Weidehölzer die meiste Asche, indem z. B. im Lindenholze unter 100 Theilen 5 Theile

*) Schon im Jahre 1812 wurde wegen des wichtigen Einflusses der Pottasche auf die Pflanzen überhaupt die holländische Gesellschaft der Wissenschaften zu den Preisfragen veranlaßt:

„Woraus besteht die Pottasche, die man aus der Asche „der Baumarten und den Pflanzen überhaupt gewinnt? „Ist diese ein Produkt der Vegetation, was schon vor der „Verbrennung der Pflanzen in diesen sich vorfindet, oder ist „sie ein Produkt des Verbrennungsprocesses? Von welchen „Umständen ist die Menge von Pottasche, welche man aus den „Pflanzen gewinnt, abhängig, und läßt sich hieraus etwas für „die vortheilhafte Gewinnung der Pottasche auch in Holland „abnehmen?

Diese Fragen suchte John zu beantworten; seine Schrift wurde mit dem ausgesetzten Preise gekrönt und enthält sowohl für den wissenschaftlich gebildeten Ökonomen, als Forstmann Gegenstände von höchster Wichtigkeit. Eine Heraushebung der Hauptresultate halte ich nicht für zweckmäßig; auch abstrahire ich von den darin enthaltenen Ansichten ganz, und berücksichtige blos dasjenige, was auf den Ernährungsproceß der Pflanzen näheren Bezug hat. Die nach meinem Ermessen irrige Ansicht von der sogenannten Präexistenz der fixen Alkalien in den Pflanzen, welche John annimmt und seine oft sehr materialistischen Darstellungen vom Ernährungsprocesse zu bekämpfen, halte ich ebenfalls für unpassend, obgleich sehr viel dagegen einzuwenden wäre. —

Digitized by Google

Asche gefunden werden. Sie vereinigt zwei besondere Vortheile; einerseits verbessert sie den Boden in seiner Zusammensetzung, zertheilt, trocknet und lockert ihn auf, wenn er zu lehmicht ist; andrerseits belebt sie die Vegetation durch ihre Salze, namentlich durch die des Kali ungemein, und ist, von allen Nebenbestandtheilen gereinigt, mehr ein Reizmittel, als wirklicher Nahrungsstoff der Pflanzen, obwohl man ihr den materiellen Einfluß nicht absprechen kann, indem sie zu den Bestandtheilen der Vegetation gehört *). Ihr besonderer Einfluß besteht in dem Vermögen, den alten Rückstand schwer verwesbarer Stoffe, z. B. der Holzfaser, welche in dem Humus einen Hauptbestandtheil ausmacht, und deren langsamer Zersetzung man es theilweise zuschreiben muß, daß sich durch die Verwesung der Pflanzen der eigentliche Humus bildet, zersetzen zu helfen.

Aus der Anwendung der Holzasche für die Verbesserung des Bodens und für die daraus zu erzielende Pflanzennahrung erkennt man den wohlthätigen Einfluß der Kohlensäure auf das Kali und andre Körper, weswegen sich jene in der Asche in großer Menge findet; denn die auflöslichen Theile derselben enthalten unter 100 Theilen stets 20 bis 30 Theile Kohlensäure. Die Salzbasen sind in den Pflanzen selbst entweder mit Salpetersäure und Pflanzensäuren verbunden, oder werden bei der Einäscherung in kohlensaure Salze verwandelt. Für den Thonboden, dessen Thonerde mit der Kohlensäure sich nicht verbindet, und in der Asche in geringster Menge

*) Rücksichtlich der meisten Verhältnisse, welche die Asche in physisch-chemischer Beziehung darbietet, verweise ich auf besondere chemische Werke: z. B. auf Kastners Einleitung in die Chemie; auf dessen Übersicht des Systems der Chemie; auf dessen Grundriß der Chemie; auf dessen Archiv für die gesammte Naturlehre u. dgl. besonders auf obige Preisschrift von John. Es werden hier blos die Hauptmomente der reizenden und nährenden Eigenschaften der Asche hervorgehoben.

Digitized by Google

vorkömmt, aber doch selten ganz fehlt, wird sie um so einflußreicher, als sie die freien Säuren desselben an sich zieht, ihn lockerer macht und den Zutritt der atmosphärischen Luft erleichtert, um die ferneren Zersezungsprocesse zu beschleunigen und Nahrungsstoffe zu bereiten.

Die Schwefelsäure und Salzsäure des Bodens verbinden sich mit den Alkalien, mit dem Kalke und anderen Körpern der Asche und wirken eines Theils reizend, anderen Theils nährend auf die angebauten Pflanzen. Das schwefelsaure und salzsaure Kali finden sich daher als solche schon in den Pflanzen, wogegen das kohlensaure, welches meistens mit Essigsäure verbunden in den Pflanzen erscheint, erst bei der Verbrennung entsteht, mithin nicht als direktes Nahrungsmittel aufgenommen wurde. Bei der Verbrennung werden nämlich alle pflanzensauren und salpetersauren fixen Alkalien und alkalischen Erden in kohlensaure Alkalien verwandelt. Die reizende und nährende Kraft der Asche erklärt sich ferner aus dem Vorkommen des kohlensauren, schwefelsauren, phosphorsauren und kieselsauren Kalkes, deren erster nicht als solcher, sondern als pflanzensaurer Kalk in den Pflanzen vorkömmt und bei der Verbrennung entsteht.

Welche gute Wirkung besonders die sogenannte Heerdasche auf den sauren Wiesen, welche mit Riedgräsern und Moos bewachsen sind, hervorbringt, zeigt dem Landwirthe die tägliche Erfahrung. Durch die Verbindung der Kohlensäure und Humussäure mit dem in der Asche vorhandenen Kali, Kalk u. s. w. wird nicht allein das Wachsthum der vorhandenen Grasarten ungemein befördert, sondern es werden selbst neue erzeugt. Die Klee-, Wicken- und Lotus-Pflanzen wachsen sehr üppig und erhalten sehr viel innere Kraft, welche zur Fütterung für das Vieh einflußreich wird.

Überhaupt ist die Asche um so wirksamer, je mehr humussaures oder kohlensaures Kali oder solche Kalkerde sie enthält, oder je mehr organisch kohlenhaltige Stoffe sie in dem Boden findet, welche die Bedingungen zur Entwickelung der

Digitized by Google

Humussäure und Kohlensäure und zu ihren Verbindungen mit den verschieden Substanzen des Bodens und der Asche enthalten. Rücksichtlich des Ranges der pflanzennährenden Kraft der Asche hat man durch Versuche und Beobachtungen ermittelt, daß die Asche der Stengel von Taback, Mohn, Reps, Farrenkraut und Topinamburs die meiste reizende und nährende Kraft besitzt, daß ihr die der Holzarten z. B. der Ulmen, Weiden, Buchen, Eschen, Ahornen und anderer Forstpflanzen folgt, und daß endlich die Asche des Nadelholzes, der Aspen, Erlen und Eichen, die der letzteren besonders wegen ihres Gerbestoffgehaltes, die geringste pflanzennährende Kraft besitzt.

Das Natron, fast beständig mit Kali verbunden, kömmt auch in Fossilien, aber gemäß der Ergebnisse verschiedener Analysen nicht in allen Pflanzen, besonders häufig jedoch in denen in der Nähe des Meeres, der Salzquellen und Salzseen vor, gehört daher nicht zu den ganz allgemeinen Nahrungsstoffen der Pflanzen, jedoch zu denjenigen Bestandtheilen des Bodens, welche das Wachsthum fast aller Vegetabilien befördern. Für alle Erdarten muß man einen Theil ihrer pflanzennährenden Kraft von dem Natrongehalte derselben ableiten. Es ist demnach, gleich dem Kali, als ein wichtiger, die Vegetation befördernder Körper anzusehen, von dessen Salzen im Allgemeinen dasselbe gilt, was schon von den Kalisalzen gesagt wurde. Für den Landbau wird es mit seinen Salzen in dem sogenannten Stalldünger, in welchen es durch die Fütterung des Viehes mit Kochsalz gelangt, besonders einflußreich. Für den Waldbau muß man den Einfluß desselben in den durch die Verwesung der Pflanzenüberreste in den Boden übergehenden Natronsalzen suchen; denn das Natron kömmt mit Ausnahme der Rothbuchen fast in allen anderen Forstgewächsen vor, jedoch in geringerer Menge, als das Kali, wie die früher mitgetheilte Übersicht beweißt.

Die Verbindungen des Natron mit Kieselerde und den verschiedenen Säuren, wodurch die eben so verschiedenen Na-

Digitized by Google

tronsalze entstehen, unter welchen das Kochsalz und Glauber-salz am wirksamsten hervortreten, sind es vorzüglich, welche den Pflanzen nebst dem besonderen Reize auch materielle Nahrungsstoffe verschaffen. Berücksichtiget man z. B. die Wirkung des Kochsalzes, welches aus der Verbindung des Natron mit der Salzsäure hervorgeht, so erhält man daraus Beweise genug, daß die Natronsalze zur Ernährung der Gewächse sehr viel beitragen, und sie als Reiz- oder materielle Nahrungsmittel ungemein befördern. Von der pflanzennährenden Kraft des Kochsalzes hat man die sichersten und reichsten Ernten abhängig gemacht, und unter Andern behauptet, daß durch seine Einwirkung der Waizen weder brandig noch rostig, noch mit Mehlthau befallen werde; daß alte Äpfelbäume verjüngt würden, und der Kohl nicht leicht erfriere u. s. w.

Diese und ähnliche günstige Erfolge hat man namentlich in England von dem Einflusse des Kochsalzes gepriesen und, nach meiner Ansicht, die Sache sehr übertrieben. Daß das Kochsalz eben so wenig, wie irgend ein andrer Körper, das Hauptmittel ist, um ohne Mühe die reichsten Erndten zu erhalten, liegt in der Natur der Sache, obgleich manche landwirthschaftliche Schriftsteller es als soches betrachtet wissen wollen. Ich lasse diese Übertreibungen dahin gestellt seyn, und untersuche den Grund oder Ungrund desselben nicht, ziehe jedoch daraus den allgemeinen Schluß, daß es in rechtem Maaße angewendet, wie viele andere pflanzennährende Stoffe, ein vortreffliches Düngungsmittel für den Acker- und Gartenboden ist, und eben deswegen das Wachsthum der Pflanzen sehr befördert.

Wegen seiner leichten Auflöslichkeit im Wasser ist es weniger in den oberen, als in den tieferen Erdschichten anzutreffen, bis zu welchen namentlich die Wurzeln vieler Acker-, Garten- und Wiesengewächse nicht hinunterreichen. Hierin muß man zugleich den Hauptgrund suchen, warum es als Düngungsmittel verwendet höchst vortheilhaft wirkt. Anders verhält es sich mit den meisten Forstgewächsen, deren Wur-

Digitized by Google

zeln tief genug in den Boden gehen, um dasselbe als Nahrungsmittel aufzunehmen und das Wachsthum der Pflanzen zu befördern. Auch hier erhält man ein Beispiel für die Fürsorge der Natur zu Gunsten der Waldgewächse, welche das salzsaure Natron nicht in großer Menge und nur auf natürlichem Wege im Boden finden.

Es besitzt seine nährende Kraft aus demselben Grunde, wie der Gyps, Salpeter, Kalk und die verschiedenen Salze derselben und ist in demselben Grade thätig. Erstere wird eigentlich für jeden Nahrungsstoff, also auch für das Kochsalz, durch die chemischen Bestandtheile eines jeden Bodens und durch die Art der anzubauenden Gewächse bestimmt. Da nun die im Wasser leicht auflöslichen Substanzen den oberen Bodenschichten gewöhnlich fehlen, so ziehen Pflanzen, welche sie bedürfen, aus ihnen um so einflußreichere Nahrung, in je mäßigerem Verhältnisse sie ihnen dargeboten werden. Ein Übermaaß derselben kann leicht schädlich werden, wie dieses bei dem des Kochsalzes der Fall ist, wenn es im Besonderen als Düngungsmittel angewendet wird, wie es in England geschieht.

Die wohlthätige Kraft des Kochsalzes erstreckt sich nicht allein auf ein bloßes Befördern des Wachsthums, sondern auch auf die innere Beschaffenheit und Zusammensetzung der Pflanzen selbst. Aus Beobachtungen weiß man, daß das Vieh, welches auf den an den Meeresküsten liegenden Waiden Nahrung sucht, nicht allein sehr gesund ist, sondern auch sehr fett wird. Wegen dieses Erfolges sind Waiden, auf welchen sehr viel Glaux maritima, Juncus bottnicus, Aster trifolium, Poa distans; Chenopodium maritimum, Plantago maritima; Salicornea herbacea u. m. a. hervorgebracht werden, für die Schafe so vortrefflich *). Läßt überhaupt der

*) Die Anwendung des Kochsalzes zur Beförderung der Gewächse, aber auch die schädliche Wirkung desselben, wenn es im Übermaaße vorhanden ist, war schon im Alterthume bekannt. Pli-

Digitized by Google

Landwirth das Kochsalz mittelst der Fütterung durch das Vieh zum Boden gelangen, so durfte er demselben weit mehr pflanzennährende Kraft verschaffen, als wenn er es unmittelbar als Dünger anwenden wollte. Eines Theils nützt er dadurch den Thieren selbst, wie aus der Erfahrung bekannt ist, anderen Theils bewirkt er dadurch den Verdauungsproceß.

Wenn die Schwefelsäure auf das Natron einwirkt und mit demselben sich verbindet, so entsteht das schwefelsaure Natron, auch Glaubersalz genannt, welches in Mineral- und Salzquellen sich in großer Menge findet, und den Ernährungsproceß um so mehr begünstigt, als in seinen beiden Hauptbestandtheilen eine bestimmte nährende Kraft liegt. Sie wirken bei ihrer wechselseitigen Verbindung einander nicht entgegen, sondern tragen vereint zur Beförderung des Pflanzenwachsthums bei. Hieraus erfolgt ein um so günstigerer Einfluß, welcher sich vorzüglich bei den Leguminosen zeigt,

---

nius erzählt, daß man es wegen seiner nährenden Kraft in Italien zur Düngung verwendet habe. Auch Charpentier de Cossigny berichtet, daß man es in China seit undenklicher Zeiten zu demselben Zwecke verwende. Abimelek ließ nach der Zerstörung der Stadt Sichem die Äcker mit Salz bestreuen, damit sie unfruchtbar würden. Eben so bestreueten die Römer eine Stelle, an welcher eine große Übelthat begangen wurde, mit Kochsalz, wodurch sie dieselbe zur ewigen Unfruchtbarkeit verurtheilt wissen wollten. Auch hat man beobachtet, daß in einem Seitenarme des Po, in welchem ein mit Salz beladenes Schiff unterging, die **Valisneria spiralis**, welche in einigen italienischen Flüssen sehr häufig vorkömmt und ganze Flußbeete umschlingt, ganz ausging.

Selbst aus einigen Stellen des alten Testamentes erkennt man, daß man ehedem den Gebrauch des Kochsalzes als Düngungsmittel gekannt haben mußte Lucas sagt nämlich: „Und wenn das Salz dumpfig wird, so ist es weder im Miste noch auf dem Acker nützlich!“

An den Küsten Malabars, auf den Antillen und auf mehreren griechischen Inseln benutzte man schon frühe das Meerwasser

Digitized by Google

die aus dieser Verbindung viel nährende Stoffe ziehen. Da beide Körper in den pflanzlichen Überresten vorkommen und bei der Verwesung letzterer in den Boden übergehen, so erkennt man hieraus einfach, daß auch in dem Waldboden schwefelsaures Natron sich findet, und daß seine Gewächse aus dem Verbindungsprocesse selbst, wie die landwirthschaftlichen Pflanzen aus der künstlichen Düngung mit demselben, sehr ergiebige Nahrungsstoffe erhalten.

Durch den Einfluß der Kohlensäure auf das Natron, wodurch kohlensaures Natron entsteht, wird ein Theil der im Boden vorkommenden Kieselerde aufgelöst, woraus sich wenigstens als wahrscheinlich folgern läßt, daß aus diesem Zersetzungsprocesse den Pflanzen Nahrung erwächst, welche sich eben so verhält, wie das kohlensaure Kali. Gelangt zum kohlensauren Natron Humussäure, so scheint dasselbe augenscheinlich zersetzt und humussaures Natron gebildet zu wer-

---

zur Düngung der Felder und Bewässerung der Wiesen, was des Kochsalzes wegen geschehen seyn mochte. Auch ist aus Erfahrung bekannt, daß man über den in Düngergruben liegenden Mist in manchen Ländern schon frühe Kochsalz streuete, weil die nährende Kraft des Mistes dadurch erhöht würde.

In Gegenden, in welchen sich Salzwerke finden, benutzt man die Abfälle der Pfannensteine, Dornsteine u. dgl., welche größtentheils aus Gyps und Kochsalz bestehen, zur Verbesserung von Wiesen und Feldern, weswegen man sie an manchen Orten als Düngersalze verkauft. Eben so verwendet man die nach dem Krystallisiren des Kochsalzes übrigbleibende Mutterlauge, welche salzsaure Talkerde, salzsauren Kalk, schwefelsaures Natron u. s. w. enthält, zu günstigen Beförderungsmitteln der Vegetation.

Daß übrigens das Kochsalz in manchen Gegenden wenig oder gar nicht wirkt, spricht nicht gegen seine pflanzennährende Kraft; der Grund liegt darin, weil der Boden, worauf es angewendet wird, entweder damit schon versehen ist, und ein Übermaaß entsteht, welches als Gift wirkt, oder die Beschaffenheit des Bodens eine ungünstige ist, welche keine vortheilhafte Verbindungen hervorbringt.

Digitized by Google

den, welches in allen seinen Wirkungen rücksichtlich des Ernährungsgeschäftes der Gewächse dem humussauren Kali fast ganz gleich kömmt. Durch die humosen Theile des Waldbodens und der Verwesungsprocesse sind für die Ernährung der Forstgewächse alle besprochenen Bedingungen vorhanden, und es folgt von selbst, daß die Waldvegetation hierdurch in ihrem Wachsthume sehr begünstigt wird.

Im Allgemeinen verhält sich dieses Natronsalz gegen den Ernährungsproceß der Pflanzen, wie alle im Wasser leicht löslichen Nahrungsstoffe, welche, wenn sie in überwiegender Menge vorhanden sind, als Gifte wirken. Da sich, wie Versuche beweisen, das neutrale humussaure Natron besonders dann bildet, wenn vegetabilische Überreste in Verwesung übergehen, welche viel Kali enthalten, Verhältnisse, welche weit günstiger in dem wohlgeschützten Waldboden vorhanden sind, als sie die Kunst dem Acker-, Garten- und Wiesenboden bereiten kann, so sollte man hieraus leicht auf ein Übermaaß und auf eine nachtheilige Einwirkung dieser Salze schließen. Allein das Natron kömmt weder im Boden, noch in den Pflanzenüberresten in großer Menge vor, kann also auf natürlichem Wege durch seine Verbindungen mit der Kohlensäure und Humussäure kein Übermaaß erzeugen und durch dasselbe den Ernährungsproceß nicht beeinträchtigen.

Das Ammoniak trifft man in vielen Pflanzen z. B. in den Säften des Löffelkrautes und der Pilze in sehr großer Menge an; auch ammoniakalische Salze findet man, und beobachtet sogar eine Ausdünstung desselben an dem Chenopodium Vulvaria. In den Auswürfen mancher Thiere ist es zwar in geringer, aber in großer Menge in den durch Fäulniß und Verwesung thierischer Körper entstandenen Substanzen enthalten. In den Produkten der Vulkane, verbunden mit Salzsäure, im Thone, Eisenroste; im Serpentinsteine, in den Alaun-, Steinkohlen-, Kreide- und Schieferarten kömmt es vor, und ist ein so wichtiges Förderungsmittel der Vegetation,

Digitized by Google

daß der durch daſſelbe veranlaßte üppige Pflanzenwuchs oft Erſtaunen erregt.

Die große pflanzennährende Kraft des Ammoniakes und ſeiner Salze, welche in der Landwirthſchaft als Dungmaterialien nicht angewendet werden, aber im Dünger der thieriſchen Exkremente und Körper ſelbſt im verfaulten Zuſtande in großer Menge vorkommend, jene Üppigkeit der Gewächſe veranlaſſen, läßt ſich vorzüglich auf denjenigen Feldern wahrnehmen, welche mit ſolchen Körpern gedüngt werden, die es in großer Menge enthalten. Erhalten es die Pflanzen aber in zu reichlichem Maaße, ſo werden ihre Blätter ſehr breit, ſie ſelbſt ſchlaff und wäſſerig. Die Getraidearten werden durch jeden heftigen Regen niedergedrückt, und liefern einen weit geringeren Körnertrag, als bei einer mäßigen Düngung. Wird aber ein ſolcher zu reich gedüngter Boden zuerſt mit Bohnen, Reps, Kohl und ähnlichen Gewächſen bepflanzt, ſo gewähren ammoniakaliſche Düngungen einerſeits ſehr üppiges Wachsthum und günſtigen Erfolg, andererſeits ein Mittel zur Beſeitigung jenes Übermaaßes und zur Verbeſſerung des Getraides.

Das anſchaulichſte und ſchönſte, zugleich intereſſanteſte Beiſpiel von der nährenden Kraft des Ammoniakes und ſeiner Salze bietet der ſogenannte Zauberring auf den Wieſen dar, deſſen Entſtehung den nächſten und zureichendſten Grund in der Verweſung der Pilze hat. Die Pflanzenart ſcheint unter allen Gewächſen am Meiſten Stickſtoff aus der atmoſphäriſchen Luft zu abſorbiren, da ſie von demſelben eine weit größere Menge beſitzt, als ihr der Boden dargeboten haben konnte, den ſie nach ihrer Verweſung an letzteren wieder zurückgeben *). Dieſer Ring giebt zugleich einen recht

*) Der bekannte Boletus esculentus kömmt ebenfalls auf ſolchen Bodenarten vor, welche ſehr arm an Stickſtoff ſind; dennoch enthält derſelbe eine große Menge dieſes Stoffes und giebt nach ſeiner Verweſung an den Boden weit mehr ſtickſtoffhaltige Sub-

Digitized by Google

deutlichen Begriff von den Ursachen der Wanderungen wildwachsender Pflanzen in der Thatsache, daß diese an irgend einer Stelle nur so lange wachsen, als sie im Boden die ihnen erforderlichen Nahrungsstoffe finden *). Von dieser Pflanzenwanderung liefert uns die Cultur der Waldgewächse viele Beispiele im Großen und belehrt den aufmerksamen Forstmann auf eine sehr interessante Weise, wie selbst die baumartigen Forstgewächse diesem Gesetze unterliegen, und wie sie sich allmählig verlieren, wenn dem Boden ein gewisser Grad

---

stanzen zurück, als er aus demselben entzogen hat. Er kömmt häufig in Kieferwaldungen vor, wird von den Schafen sehr begierig aufgesucht, scheint in dem inneren Organismus derselben besonders günstige Wirkungen hervorzubringen, und bei seiner Verwesung den Boden sehr mit nährenden Stoffen zu bereichern.

*) Über die Entstehung der Zauberringe hat man mehrere Vorstellungen, welche dieselbe doch nicht zureichend erklären helfen. Ursprünglich rührt ihre Form von der Form eines Pilzes her. Geht nämlich ein Pilz in Verwesung über, so entstehen um diese Stelle neue Pilze, welche bald wieder absterben, verwesen und neuen Pilzen zur Nahrung dienen. Da aber letztere gegen den Ausgangspunkt keine anderen Nahrungsstoffe mehr finden, so wachsen sie außerhalb des ursprünglichen Kreises. Auf diese Weise vergrößert sich der Pilzring jährlich; nach der Verwesung der jedesmaligen Pilze erhalten die in der Nähe stehenden Phanerogame viel Nahrung und wachsen sehr üppig. Dieser Wuchs läßt jedoch im folgenden Jahre nach, weil die Pflanzen gewöhnlich abgemähet werden. Hierdurch entsteht alsdann der von üppig wachsenden Pflanzen gebildete Zauberring.

Oft haben sich dergleichen Ringe nicht gehörig ausgebildet, und man sieht alsdann nur Streifen von fröhlich wachsenden Phanerogamen, wovon die Ursache in dem aus mancherlei Zufälligkeiten erfolgten Ausbleiben der Pilze an manchen Stellen des Ringes gesucht werden muß. Zu weiterer Belehrung verweise ich auf Gilberts Annalen 17. Bd. S. 351.

Digitized by Google

von nährender Kraft nicht mehr einwohnt. Hieraus hat er viele Erscheinungen der Waldvegetation zu erklären *).

---

*) Die verschiedenen Erklärungsarten wegen des sogenannten Ausgehens der Forstgewächse, namentlich der Bäume, hier anzuführen, halte ich nicht für zweckmäßig, obgleich der Gegenstand selbst für den Forstmann von höchster Wichtigkeit ist. Man nimmt verschiedene Ursachen an, kann aber doch nicht zu zuverlässigen Resultaten gelangen. Unfehlbar ist hier eine ähnliche Erscheinung wahrzunehmen, wie bei der Wanderung des Pflanzenringes. Die Forstgewächse finden an ihren bisherigen Standörtern die erforderlichen Nahrungsstoffe nicht mehr, nehmen in ihrem fröhligen Wuchse allmählig ab, oder ziehen sich nach und nach von höheren Stellen zu tieferen herab. In der genauen Kenntniß der Nahrungsstoffe, welche den Gewächsen aus dem Boden zufließen, mögte am zuverläßigsten die Art und Weise gefunden werden, wie dergleichen Erscheinungen zu erklären seyn dürften. Forstmänner, welche in der Physik und Chemie bewandert sind, werden die Gründe leicht erkennen; am meisten beschäftiget sich v. Hundeshagen mit solchen Beziehungen der Forstwirthschaft zu den Naturwissenschaften; von ihm hat jene noch viel Gutes zu erwarten.

Beachtet man in Bezug auf das Ausgehen der verschiedenen kultivirten Holzarten die Thatsachen, daß z. B. ein Boden, welcher schöne und gesunde Buchen hervorbringen soll, viel Kali, Kalkerde und Talkerde, Schwefelsäure und Phosphorsäure, Eisenoxyd und Manganoxyd enthalten muß; daß aber diese Nahrungsstoffe in den meisten Bodenarten nur in geringer Menge vorkommen, und die vorhandene durch den Ernährungsproceß bald aufgezehrt, aber nicht wieder ersetzt wird; daß ferner ein Boden, welcher eine üppige Vegetation der Weißbuchen hervorbringen soll, viel Kieselerde und Kalkerde, Kali und Phosphorsäure enthalten muß, aber diese nährenden Körper nur selten in Bodenarten in hinreichender Menge vorkommen; so wird man bald erkennen, daß dieser Mangel an Nahrungsstoffen die erste und wichtigste Ursache ist, wenn Forstbäume an einer oder der anderen Stelle ausgehen.

Da uns ferner die tägliche Erfahrung lehrt, daß gewisse Bodenarten nur schöne Buchen; wieder andere nur schöne Eichen,

Digitized by Google

Obgleich die ammoniakalischen Stoffe, welche im Boden verschiedene Zersetzungen erleiden, wegen ihrer leichten Auflöslichkeit und Flüchtigkeit zu denjenigen Bestandtheilen des Bodens gehören, welche demselben am Schnellsten entzogen werden, so leidet doch der Waldboden, (dem Acker-, Garten- und Wiesenboden ersetzt) den Abgang die Kunst durch Mistdüngungen, keinen Mangel an denselben. Denn die Cryptogamen geben durch ihre Verwesung sehr viele derselben ab, und die Leguminosen und Cruciferen, denen nicht einmal ein Übermaaß von Ammoniak schadet, bereichern denselben sehr mit ammoniakalischen Salzen, welche den späteren Pflanzen zur Nahrung dienen.

Das Ammoniak erzeugt sich auch in gebranntem Thone und beim letzten Verbrennungsakte von stickstoff- und kalihaltigen Körpern, woraus man auf eine große und allgemeine Verbreitung desselben im Naturhaushalte schließen, und seinen günstigen Einfluß auf die Vegetation zureichend erklären kann. Hieraus läßt sich zugleich schon vorläufig folgern, daß seine Wirkungen durch Verbindungen der verschiedenen Säuren mit ihm, woraus den Pflanzen unmittelbare Nahrung zufließt, höchst günstige Erfolge herbeiführen müssen. Alle Versuche, welche man zur Ermittelung der Größe dieses Einflusses angestellt hat, und alle darüber gemachten Beobachtungen bestätigen diese Wahrheit, welche noch durch den Umstand erhöhet wird, daß die Ammoniaksalze auf andere wenig oder gar

---

wieder andere nur schöne Tannen u. s. w. hervorbringen. Daß auf vielen Bodenarten die meisten Forstbäume nur sehr kümmerlich, ja auf manchen gar nicht wachsen; daß viele oft darum nicht wachsen, weil ihnen der Boden einen oder mehrere zu ihrer vollkommenen Ausbildung nöthige Nahrungsstoffe in zu großer Menge darbietet, und daß die Quantität und Qualität des Holzes von seinem Standorte abhängen, so erhält man hieraus noch mehr zuverlässige Ursachen für die Erklärung jenes öfteren und allmähligen Ausgehens der Forstbäume an verschiedenen Stellen, wie man Klagen von verschiedenen Seiten vernimmt.

Digitized by Google

nicht auflösliche Stoffe zersetzend einwirken und hierdurch die Vegetation sehr befördern; dahin gehören unter andern die humussauren und phosphorsauren Salze, die verschiedenen Verbindungen der Talkerde u. s. w., wovon im nächsten Abschnitte mehr gesagt wird.

Obgleich man sich in Bezug auf die Erklärungsgründe dieser Verbindungen zu verschiedenen, nicht ganz haltbaren, Ansichten verleiten ließ, so spricht doch keine gegen das große pflanzennährende Vermögen der aus den Ammoniak-Verbindungen hervorgehenden Stoffe, sondern belegen dasselbe mit den trefflichsten Beweisen. Aus der Düngung mit salpetersaurem Ammoniake und ihrem Erfolge hat man unter andern folgern wollen: „Die angebauten Gewächse, besonders die Getraidearten, brauchten blos dieses Salz im Boden zu finden, um die reichsten Ernten zu liefern.“ Ich halte diese Behauptung nicht für gegründet, es jedoch nicht für zweckmäßig, dieselbe hier zu berichtigen. Sie spricht allgemein für die große Wirkung dieses ammoniakalischen Salzes auf den Ernährungsproceß, was hier zu beweisen ist.

Man wird nicht bezweifeln, daß dieses Vermögen vorzugsweise dem großen Gehalte an Stickstoff zuzuschreiben ist, wenn man beachtet, daß dieses Salz mehr Stickstoff enthält, als alle übrigen stickstoffhaltigen Körper des Bodens. Auch trägt der Umstand dazu bei, daß es als eine im Wasser leicht auflösliche Substanz von diesem viel Stickstoff aufnimmt, weswegen unter anderen Pflanzen die Phanerogamen, welche viel von diesem Stoffe bedürfen, durch die Einwirkung des salpetersauren Ammoniakes sehr schwelgerisch wachsen. Schon der Gehalt an Stickstoff reichte zur Erklärung des üppigen Pflanzenwuchses hin, und es wären keine speciellen Versuche darüber nothwendig, woran jedoch die Kunst ziemlich reich ist.

Sehr günstig wirkt die Verbindung der Kohlensäure mit dem Ammoniake, woraus das kohlensaure Ammoniak entsteht, für den Ernährungsproceß, wie die in England versuchte Düngung mit Ruß beweist. Dieser enthält nämlich viel mit

Digitized by Google

Kohlensäure verbundenes Ammoniak, welchem der größte Theil jener Wirkung zuzuschreiben ist. Auch erscheint es als kein gewagter Schluß, in dem im Thone vorkommenden kohlensauren Ammoniake einen Grund der nährenden Kraft desselben zu suchen, wenn er zur Anwendung bei einer Bodenverbesserung gebrannt wird. Der aus dem verbrennenden Holze sich entwickelnde Ruß setzt sich in den Zwischenräumen der Thonstücke ab, und trägt dadurch höchst wahrscheinlich zur Bereitung eines sehr wirksamen Nahrungsstoffes bei.

Vorzüglich vortheilhaft wirkt das aus der Verbindung der Humussäure mit dem Ammoniake entstehende humussaure Salz, welches durch die große Verwandtschaft desselben zu jener Säure in reichem Maaße gebildet wird. Ist das Ammoniak in Gasgestalt vorhanden, so wird es von der Humussäure schon in der Ferne angezogen. Sobald also ein Boden Humus enthält, so ist der Verflüchtigung des Ammoniakes, welches sich bei der Fäulniß von stickstoffhaltigen Düngersubstanzen entwickelt, begegnet; dasselbe wird gleichsam gebunden, und den Pflanzen als Nahrung zugeführt.

Da im Waldboden vermöge der Faulungs- und Verwesungsgährungsprocesse thierischer (man berücksichtige nur die zahllose Menge von Würmern, Insekten u. s. w.) und pflanzlicher Überreste ammoniakhaltige Substanzen entwickelt werden, wie sie die Kunst dem Ackerboden durch Düngung mit verschiedenen Exkrementen darbietet und durch dieselben Processe die Laub-, Nadel- und Holzabfälle fortwährend organisch-kohlenhaltige Stoffe und aus diesen Humussäure erzeugt werden, so nehmen letztere jene ammoniakalischen Salze auf, und erhalten sie den Gewächsen, woraus man folgern darf, daß dieser Verbindung ein großer Theil des üppigen Wachsthumes der Waldpflanzen zuzuschreiben ist, und daß ihr Einfluß um so günstiger ist, je mehr die Forste gegen die jährliche Entwendung der Laub- und Nadelabfälle gesichert sind.

Aus diesen Verhältnissen geht zugleich hervor, daß ein Boden durchaus organisch-kohlenhaltige Stoffe besitzen muß,

um vermittelst der aus ihnen sich entwickelnden Humussäure das Ammoniak zu binden und für den Ernährungsproceß der Pflanzen zu erhalten. Das hieraus entstehende humussaure Ammoniak ist im Wasser sehr leicht löslich, und wird in diesem Zustande, sobald es im Boden vorkömmt, von den Pflanzen schnell aufgenommen. Diese Thatsache bestätigt vorzüglich das schwelgerische Wachsthum der Pflanzen auf einem mit Schaf- oder Pferdemist gedüngten humusreichen Boden. Beide Mistarten entbinden bekanntlich während ihrer Zersetzung viel Ammoniakgas.

In Folge dieser leichten Auflöslichkeit im Wasser werden in dem humusreichen und feuchten Boden die Pflanzen mit einer großen Menge Kohlenstoff versehen, wodurch das schnelle Emporschießen jener bei der Anwesenheit des humussauren Ammoniakes leicht erklärbar und begreiflich wird. Dieses wird schnell assimilirt, und alle in ihm aufgelösten Stoffe werden zur Erzeugung des Eiweißes und Klebers, der Holzsäure und anderer Pflanzenbildungstheile verwendet. Obgleich das humussaure Ammoniak von den Salzen des Eisens, Mangans, Kali's und Natrons, der Kalk-, Talk- und Alaunerde zerlegt wird, so kann es doch in die Pflanzen übergehen; denn jene Zersetzungen gehen nur langsam vor sich. Durch das Gefrieren desselben wird jedoch sein Einfluß geschwächt; das Ammoniak nimmt Gasgestalt an, und kann die gleichfalls in den unauflöslichen Zustand versetzte Humussäure nicht zurückhalten.

Bei einer oberflächlichen Betrachtung der Thatsache, daß aus dem humussauren Ammoniake und seinen Verbindungen mit den verschiedenen Erdarten, Oxyden und Alkalien für die Ernährung und Beförderung der Lebensentwickelungen der Waldgewächse eine höchst ergiebige Nahrungsquelle sich ergiebt, welche in der vorhandenen Humusmenge und ihrer Humussäure ihren Sitz hat, möchte der Einfluß aus dem besonderen Grunde für unbedeutend zu halten seyn, weil das Ammoniak vorzugsweise aus den Überresten thierischer Kör-

Digitized by Google

per und thierischer Exkremente sich entwickele, was im Waldboden doch weniger zu geschehen pflege, da die hierzu erforderlichen Stoffe fehlten; allein die Millionen von Insekten und Würmer, die Exkremente der Thiere aller Art, und die in unermeßlicher Menge stattfindenden Processe der Verwesung, Gährung und Fäulniß u. dgl. stellen es als unwidersprechbar dar, daß sich in dem Waldboden viele ammoniakalische Salze entwickeln, aus denen den Forstgewächsen weit ergiebigere Nahrungsstoffe zukommen, als man oberflächlich vermuthen sollte.

Berücksichtigt man ferner noch den besonderen Umstand, daß, um dem Boden die pflanzennährende Kraft des Ammoniakes und seiner Salze zu erhalten, das Vorhandenseyn von Humussäure zu den nothwendigsten Erfordernissen gehört; daß diese in jedem bewachsenen Waldboden stets in hinreichender Menge anwesend ist, und daß von dem sich entwickelnden Ammoniake weder durch Auslaugung noch durch Verflüchtigung auch nur etwas verloren geht, sondern für den Ernährungsprozeß völlig verwendet wird; so wird man es um so weniger befremdend finden, diesen Körpern einen Theil des üppigen Wachsthumes der Waldpflanzen zuzuschreiben.

Beachtet man endlich noch die aus Versuchen erwiesene Thatsache, daß die Pflanzen durch das humussaure Ammoniak welches schon in 5 bis 6 Theilen Wasser löslich ist, eine große Menge Kohlenstoff erhalten, welcher wenigstens der Masse nach den Hauptbestandtheil der Holzpflanzen ausmacht, wie die aus dem Verkohlungsprocesse gewonnenen Holzkohlen beweisen, so erkennt man weiter die Wichtigkeit dieses Verhältnisses für den Ernährungsproceß, welcher um so mehr begünstigt wird, je mehr durch guten Kronenschluß der Bäume und völlige Bodenbedeckung die atmosphärische Kälte abgehalten wird, oder je weniger das Durchfrieren in demjenigen Grade erfolgen kann, wie es bei dem der Winterkälte blos gegebenen Ackerboden geschieht, für welchen dasselbe doch wieder andere Vortheile gewährt.

Digitized by Google

Da nun das humussaure Ammoniak für den Ernährungsproceß der Ackerpflanzen eine sehr große Kraft ausübt, und durch die bisher angegebenen Beziehungen mittelst Übergangs stickstoffhaltiger Pflanzen in Verwesung und abgestorbener Thiere verschiedener Art in Fäulniß die Gegenwart des humussauren Ammoniakes im Waldboden constatirt ist, so ist kein Hinderniß vorhanden, alle diese günstigen Erfolge auch für die Waldpflanzen in Anspruch zu nehmen. Hierzu ist man um so mehr berechtiget, als im Waldboden alle zur Nahrungsbereitung erforderlichen Bedingungen, die Stoffe, die Humussäure und der nöthige Grad von Feuchtigkeit vorhanden sind, und man im Besondern durch Versuche gefunden hat, daß feuchte Humussäure, wenn man sie in atmosphärische Luft brachte, welche mit Ammoniakgas geschwängert war, letzteres augenblicklich verschluckt, und daraus humussaures Ammoniak entsteht. Solche feuchte Humussäure ist im Waldboden stets vorhanden, mithin wird das Ammoniak, sobald es durch irgend einen Verwesungs-, Gährungs- oder Faulungsprozeß entwickelt wird, von der Humussäure absorbirt, und den Pflanzen mittelst der Wurzeln zugeführt.

Nebst den bisher betrachteten Verbindungen und den daraus entstehenden salpetersauren, kohlensauren und humussauren Salzen übt auch die Schwefelsäure einen sehr günstigen Erfolg für den Ernährungsproceß aus, was schon aus den Eigenschaften des Schwefels und Ammoniakes folgt. Das schwefelsaure Ammoniak wirkt dabei auf eine doppelte Weise, bereichert den Boden mit pflanzennährenden Stoffen und reizt die Lebensthätigkeit der Gewächse. Sein nährendes Vermögen kömmt dem des Gypses nicht nur gleich, sondern übertrifft letzteres noch; der Grund hievon ist in dem Stickstoffgehalte zu suchen, welcher durch den Einfluß der Schwefelsäure in diese Verbindung eingeht.

Ähnliche Erfolge bringt die Einwirkung der Phosphorsäure auf das Ammoniak hervor; das hieraus entstehende Salz wird durch die auflöslichen Salze von Kalk, Erden

Digitized by Google

und Metalloxyden durch doppelte Wahlverwandtschaft zersetzt. Auch das salzsaure Ammoniak, der sogenannte Salmiak, dient den Pflanzen zur Nahrung, da man es in denselben angetroffen hat, ohne es in der Pflanzenasche zu finden, weil es im Feuer verflüchtigt wird.

Aus allen bisher entwickelten Nahrungsverhältnissen, welche den Pflanzen durch die verschiedenen Körper vermittelst ihrer Zersetzungen durch die mancherlei Säuren und vermittelst der Auflösungen im Wasser dargeboten werden; aus den verschiedenen Einwirkungen auf die organisch-kohlenhaltigen Stoffe und aus den zahllosen Wechseleinflüssen der Körper und Gase auf einander geht hinsichtlich des Ernährungsprocesses die allgemeine Wahrheit hervor:

„Daß die sogenannten künstlichen Düngungsmittel, welche „schon öfters berührt wurden, nach Verhältniß ihrer „eigenen Verschiedenheit eben so mannichfaltige Wirkungen „hervorbringen."

Die mit großer Sorgfalt über die Verwesung und Fäulniß mit besonderer Rücksicht auf die Bildung des Düngers angestellten Versuche Hermstädt's *) und Crome's beweisen diese Behauptung am Einfachsten. Man hat nämlich ermittelt, daß die Wirkung und der Werth der Düngstoffe, wozu alle Pflanzen- und Thierkörper gebraucht werden können, welche aber nicht als solche zur Ernährung der Pflanzen dienen, sondern nur in ihren Zersetzungen durch die Processe der Gährung, Fäulniß und Verwesung, und deren Wirksamkeit sowohl von der Beschaffenheit der organischen Verbindungen in Bezug auf die Grundstoffe, als auch von der Menge und Art der Zusammensetzung der in den organischen Stoffen sich findenden unorganischen Stoffe abhängt, mit der in dem Boden befindlichen Humusmenge in annähernd gleichem Verhältnisse steht.

*) Dessen Archiv der Agrikulturchemie, 3ter Bd. S. 258 u. d. f.

Digitized by Google

Nach der agronomischen Theorie von Thaer will man unter Bezug auf die Düngermaterialien die mineralische Kraft des Bodens für die Ernährung der Gewächse gar nicht berücksichtigen, sondern die landwirthschaftliche Produktion nach der Humusmenge und Vermehrung der pflanzennährenden Kraft durch Düngung bestimmen. Ob die eine oder die andere von diesen Ansichten die richtige sey, kann hier nicht untersucht werden; beide sprechen für die Ernährung der Pflanzen durch die Bestandtheile des Bodens, sie mögen materielle, gasförmige oder dynamische Beschaffenheit haben; und liefern den einleuchtendsten Beweis, daß die Pflanzen ihre Nahrungsstoffe nicht beliebig aus ihrer eigenen Lebensthätigkeit bilden können, sonst müßten alle gleich stark und üppig vegetiren.

Wie sehr das künstliche Düngen mit Körpern, welche viel Kali, Natron, Ammoniak u. s. w. enthalten, und welche entweder aus Pflanzen im grünen oder trocknen Zustande *)

*) Die grüne Düngung läßt entweder absichtlich auf dem Boden gezogene Pflanzen nach Erreichung ihrer höchsten Entwickelung unterpflügen, oder überläßt den einige Zeit zur Produktion dienlich gewesenen Boden der natürlichen Produktion, ohne jenen derselben zu berauben. Hierdurch erhält der Boden diejenigen pflanzennährenden Stoffe, welche die Pflanzen aus der Atmosphäre aufgenommen haben und sich durch die Processe der Verwesung in Humus, und die bekannten Substanzen verwandeln. Sie kann jedoch aus leicht zu erkennenden Gründen weder die künstliche noch natürliche Düngung vollkommen ersetzen.

Zu trockner vegetabilischer Düngung verwendet man Stroh, Schilf, Laub der Bäume, Äste, Heidekraut u. s. w., worunter Stroh und Schilf besser als Laub und Waldstreu, und diese besser als Heidekraut und Äste von Nadelbäumen wirken; sie werden in Verbindung mit thierischen Exkrementen als Streumaterialien erworben. Es entsteht der sogenannte Mist als Gemenge von todten organischen Körpern und festen oder flüssigen Excrementen, welche in Gährung und Verwesung übergehen müssen. Aus ihm ergiebt sich alsdann der eigentliche Dünger

oder aus thierischen Körpern, Körpertheilen und Auswürfen *) bestehen, das pflanzennährende Vermögen der Bodenarten erhöht, und die innere Beschaffenheit der Pflanzenbildungstheile modificirt, geben sowohl die bisherigen Erörterungen als auch besonders die Versuche Tessier's zu erkennen, welche Hermstädt **) wiederholte, prüfte, und rücksichtlich der

---

entweder bei Einwirkung einer großen Menge Wasser und Zutritt von Luft; oder von wenig Wasser und viel Luft u. s. w. Auch die Wirkung des Pflanzenmoders, besonders der Wälder und Torfe gehört hierher; derselbe muß aber vorher meistens mit Mergel, Kalk, Asche ꝛc. gemengt werden. Ähnlich verhält es sich mit dem Torfe, der immer freie Phosphorsäure enthält; mit den Erdkohlen und Braunkohlen.

*) Diese sind die Produkte der Mengung und Mischung zerstörter vegetabilischer und thierischer Substanzen, welche von den Thieren als Nahrungsmittel genossen, im Magen verändert, durch die Assimilation zum Theile zur Ausbildung ihrer eigenen Existenz verwendet und endlich durch den Darmkanal ausgeworfen werden. Zu den thierischen Düngermaterialien rechnet man Knochen, Nägel, Klauen, Hufe, Hörner, Wolle, Haare; manche Thiere, z. B. die Uferaasfliege und Fische, welche wegen der vielen thierischen Stoffe und phosphorsauren Verbindungen sehr gut wirken; und vorzüglich die Exkremente der Menschen und Thiere, z. B. des Rindviehes, der Schafe, Pferde, Schweine und des Geflügels; welche um so wirksamer sind, je nahrhafter die Nahrung ist und je weniger diese durch große Anstrengung konsumirt wird. Die Exkremente machen den wichtigsten und häufigsten Theil der künstlichen Düngung aus, und sind entweder flüssig, nämlich der Harn, oder fest; sie enthalten verschiedene Stoffe, und werden entweder für sich allein im ungegornen oder gegornen Zustande oder in Verbindung mit Streumaterialien, oder mit festen unorganischen Körpern angewendet. Über alle Verhältnisse verweise ich auf Hermstädts Agrikulturchemie und die darin niedergelegten Untersuchungen Thaer's, Einhofs und Anderer.

**) Abhandlung der Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1824. S. 58 u. d. f.

Digitized by Google

Massenverhältnisse mit großer Genauigkeit untersuchte. Er fand im Allgemeinen, daß:

1) der Körnerertrag in gedüngtem und ungedüngtem Boden bei verschiedenen Düngermaterialien auch eben so verschieden ist und daß bei Getraide- und Futtersamen eine sehr scharfe Gränze besteht, über welche hinaus jede Vermehrung der Bodenkraft der Samenbildung schädlich ist; das sogenannte Taubblühen liefert einen Beweis hiervon.

2) Durch übermäßiges Düngen mit Rindsblut verfehlt man mit Ausnahme der ganz perennirenden Obst- und Baumarten, bei Knollen und Zwiebelgewächsen den Zweck ganz, wiewohl mäßiges Düngen des Bodens mit verschiedenen Mistarten das 14te, 12te, 9te, 5te und ungedüngter Boden das 3te Korn lieferte.

3) Mit der Stoffbildung in Fruchtkörnern stehen die Düngerbestandtheile im Verhältnisse; denn die mehr stickstoff- und phosphorhaltigen Düngerarten erzeugen auch eine größere Menge von Kleber, dessen elementare Bestandtheile ebenfalls Stickstoff und Phosphor sind, und der bei trockener Destillation nebst den Gasarten blausaures und kohlensaures Ammoniak, das für seine Entstehung aus pflanzlichen Überresten auf feuchtem Wege stets ein Produkt der Fäulniß zu seyn scheint *), und brenzliches Öl liefert, wobei eine stickstoffhaltige Kohle zurückbleibt.

4) Nach den Stoffen, welche in einer Düngungsart vorherrschen, wird auch eine größere Menge Stärkmehl in dem Falle gebildet, wenn in jener viel Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff vorkömmt **).

---

*) Man vergleiche Kastner's Archiv der gesammten Naturlehre 1ter Bd. 4tes Heft. S. 448.

**) Aus den Versuchen Hermstädt's erfährt man die Theile von Kleber und Stärkmehl nach Procenten; jedoch sind die Ergebnisse

Digitized by Google

5) Durch den vermehrten Humusvorrath kann man wohl da, wo die Erzeugung der größten Masse vegetabilischer Substanzen zum besonderen Zwecke der Bodenkultur gemacht ist, wie dieses bei Futterkräutern, wilden Holzarten oder nutzbaren Forstgewächsen der Fall ist, die Produktion ganz vorzüglich steigern; allein es giebt dabei doch eine gewisse Gränze, über welcher sich nichts weiter gewinnen läßt.

6) Das Volumen derjenigen Pflanzen, welche auf einem Düngerhaufen erzogen wurden, steht gegen das solcher, welche in mäßig gedüngtem Boden heranwuchsen, selten, ja niemals mit der zur Ernährung selbst thätig gewesenen Humusmenge im Verhältnisse.

7) Die Gewächse arten um so leichter aus, je mehr der Boden in seinem Gemenge ein Übermaaß von organischen Kräften gegen die mineralischen besitzt. Diese wichtige Wahrheit folgt zwar aus Hermstädt's Versuchen nicht unmittelbar, aber doch mittelbar, und wird durch viele Beobachtungen in der Acker- und Waldkultur vollkommen bestätigt.

8) Unter den Rübenarten erhalten einige z. B. Beta cicla altissima, Beta vulgaris rubra u. m. a. in einem frisch gedüngten Boden einen üblen Geschmack und einen Saft, der bei chemischer Behandlung aus seinem Zuckergehalte als entferntere Bestandtheile verschiedene Salze liefert; die weiße Feldrübe zeigt dagegen nichts hiervon, und behält selbst im frischen Dünger ihren angenehmen und süßen Geschmack *).

---

nicht so ganz genau und bedürfen nach dem jetzigen Standpunkt der Sache einer Revision.

*) Ich verweise auf Hermstädt's Agrikulturchemie und obige Abhandlung; auf die Düngerlehre von Leuchs und die Untersuchungen von Hazzi über den Dünger zu näherer Belehrung.

Digitized by Google

Alle durch künstliche Düngungen hervorgerufenen Verhältnisse beziehen sich entweder auf den Boden oder auf die darauf wachsenden Pflanzen. Im Boden bringen sie verschiedene, theils chemische, theils physische Veränderungen hervor, und werden entweder vor der Saat mit jenen verbunden oder während der Vegetation der Pflanzen über diese im flüssigen Zustande ausgegossen, oder im pulverförmigen oder wenigstens in sehr verkleinertem Zustande ausgestreut. Sie gehen dann als eigentliche Düngstoffe in verflüssigtem oder gasigem Zustande in die Organe der Gewächse über, und befördern die Ernährung und das Wachsthum derselben. Sie enthalten meistens Säfte oder Stoffe, welche durch den Einfluß des Wassers entweder aufgelöst, oder in höchst fein zertheiltem Zustande in jenem fortgeführt werden und die eigentlich nährende Kraft besitzen. Sie vermehren das Vermögen des Bodens, die Pflanzen mit Nahrung zu versehen, und erhöhen die Lebensthätigkeit derselben *).

---

*) Es wäre nicht schwer, die gegenseitigen Wirkungsverhältnisse der verschiedenen Düngerarten, welche z. B. von den verschiedenen landwirthschaftlichen Rindvieharten gewonnen, sowohl rücksichtlich der Intensität als Schnelligkeit der Wirkung sich nicht auf gleiche Weise verhalten, wenigstens annähernd arithmetisch zu bestimmen, wenn es hier am Orte wäre, ihre pflanzennährende Kraft nach Verhältnissen zu erforschen; ich halte dieses für eine besondere Aufgabe der Agrikultur überhaupt, verweise auf die sie betreffenden Schriften, im Besonderen auf die Anleitung zum praktischen Ackerbau von Schwerz unter den Abschnitten: „Dünger u. dgl.," und beziehe mich blos auf die Thatsache, daß die Düngermaterialien jeder Art dem Boden mitgetheilt werden und die Pflanzen daraus, nebst Reizung ihrer Lebensthätigkeit, im Besonderen materiell nährende Stoffe erhalten, mithin durch sie der Ernährungsproceß vor Allem befördert wird.

Eine besondere Rolle spielt hierbei der Harn, welcher unter allen Substanzen am Schnellsten in die faule Gährung übergeht, deren Produkte kohlensaures und essigsaures Ammoniak, schwefelsaure, phosphorsaure, salzsaure und benzoesaure Salze sind, wes-

Digitized by Google

Schon Tessier hatte bereits auf den besonderen Umstand aufmerksam gemacht, daß die Verhältnisse der Kleber- und Stärkemenge in dem Waizen durch das Düngen des Bodens mit verschiedenartigem Dünger mannichfaltig abgeändert werden könnten. Durch Versuche hat man unter Andern ermittelt, daß bei Düngung mit Rindsblut und Menschenkoth die Klebermenge, bei Düngung mit Pferde- und Kuhmist aber die Stärkemenge größer werde. Die verschiedenen Bestand-

---

wegen derselbe für die Produktionslehre sehr wichtig ist. Eine sehr lehrreiche Betrachtung über den Kuhharn von Sprengel findet sich im 7ten Bande des Erdmann'schen Journals, woraus für das technische Leben ausgebreitete Belehrung entnommen wird. Daß der gefaulte Harn den größten Theil der Wirkung dem Ammoniake verdankt, ist nicht zu bezweifeln. Bedenkt man nun diese Einwirkung, die häufige Verflüchtigung und den von verschiedenen Seiten bewirkten Verlust desselben, so wird man sowohl seine Erhaltung als auch Gewinnung auf zweckmäßigstem Wege bewirken müssen.

Daß der Dünger in derselben Quantität mit dem Boden verbunden eine größere Wirkung hervorbringe, als wenn er über die Pflanzen ausgebreitet wird, weil in jenem Falle die flüchtigen Produkte der Gährung vom Boden gebunden und der Vegetation erhalten werden, in diesem aber durch die Luft verloren gehen; daß die oberflächliche Düngung bei vielen landwirthschaftlichen Pflanzen während ihrer Vegetation nicht ausführbar ist; daß vorzüglich der sogenannte Stalldünger es ist, durch welchen fehlerhaften Eigenschaften des Bodens wegen seines Zusammenhanges, seiner wasserhaltenden Kraft u. dgl. am Schnellsten abgeholfen werden kann, und viele andere Erfahrungssätze hat die Theorie des Ackerbaues zu beurtheilen, zu untersuchen und genauer zu prüfen. Es entsteht aus den organischen Düngermaterialien allmählig der Humus, dessen Säure wohl schon als solche zur Nahrung der Pflanzen dient, ihnen aber besonders dadurch nützlich wird, daß sie unaufhörlich Kohlensäure erzeugt, wie früher nachgewiesen wurde. Sie gehört zugleich zu dem sichersten und wohlfeilsten Mittel, das Ammoniak zu binden, und den Ernährungsproceß zu beschleunigen.

Digitized by Google

theile der Düngerarten haben daher auf die Bildung der inneren Beschaffenheit der Gewächse einen entschiedenen Einfluß und machen die Kenntniß ihrer Wirkungsarten zum Behufe verschiedener technischer und gewerblicher Zwecke höchst wichtig und nothwendig *).

Durch die Resultate, welche sich aus den bisherigen Darstellungen der verschiedenen Stoffe und Gase, die den Ernährungsproceß der Pflanzen bedingen, ergeben, vorzüglich aber durch die mannichfaltigen chemischen Verbindungen und Zersetzungen, welche die verschiedenen Säuren unter Einfluß des Wassers und der atmosphärischen Luft im Boden hervorbringen, wird man in den Stand gesetzt, sehr viele im Besonderen nicht berührten Erscheinungen des Ernährungsprocesses und des üppigen Wachsens der Pflanzen zureichend zu erklären und durch Versuche die ganze Lehre der Produktion

*) Es gehört zu den bekannten Erfahrungen, daß die Exkremente der verschiedenen landwirthschaftlichen Hausthiere und der daraus bereitete Stalldünger sowohl an und für sich selbst, als nach den verschiedenen Zuständen der Gährung eine verschiedene Wirkung rücksichtlich der Dauer, Intensität und inneren Beschaffenheit der Pflanzen ausüben; den Dünger der Pferde und Schafe nennt man einen hitzigen; den des Rindviehes und der Schweine einen milden und kalten u. s. w.; allein die Sache ist doch bei Weitem noch nicht zu dem Grade von Vollkommenheit gelangt, zu welchem sie kommen muß, um mehr rationell verfahren zu können. Auf die verschiedenen Grade der Gährung, welche der Landwirth so ziemlich in seiner Gewalt hat, und durch größere oder geringere Zusätze mannichfach abändern kann, scheint das Meiste anzukommen.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die durch Mengung verschiedener mineralischer und organischer Körper bereiteten Komposte, deren Haufen mit einer gehörigen Menge von Alkalien zu versehen sind, weil sie bei der Verwesung organischer Körper eine wichtige Rolle spielen; kalihaltender gebrannter Thon, Töpferscherben u. dgl. dienen hierzu; die sogenannten Urate und Poudrette bilden eigenthümliche Arten von Komposten u. s. w.

Digitized by Google

sowohl des Land- als Waldbaues zu erweitern, fester zu begründen und zu allmählig bestimmteren Gesetzen zu bringen.

VIII.

Besondere Beziehungen der verschiedenen Salze, namentlich der humussauren auf den Ernährungsproceß.

Übersieht man die Wirkungen der verschiedenen Erdarten, Oxyde, Alkalien und anderen Körper, wie sie in den Abschnitten IV bis VII näher gewürdiget wurden, so sieht man die aus ihren Verbindungen mit den verschiedenen Säuren entstehenden Salze für den Ernährungsproceß und für das Wachsthum der Pflanzen vorzüglich wirksam hervortreten und ihre Einflüsse auf doppelte Weise äußern; indem sie den Pflanzen sowohl materielle Nahrungsstoffe verschaffen, als auch die Einsaugung und Verarbeitung dieser Stoffe erleichtern und die hierbei thätigen Organe reizen. Die Erörterungen zeigen zugleich, daß unter allen Säuren die Humussäure, welche sich überall findet, wo organische Körper verwesen, und nach dem Wasser der allgemeinste, aber auch wichtigste Körper im ganzen Pflanzenreiche ist, mit ihren in Verbindung mit Kali, Kalkerde, Talkerde, Thonerde, Eisen- und Manganoxyd entstehenden humussauren Salzen am Wirksamsten für den Ernährungsproceß erscheinen.

Die Land- und Forstwirthschaft giebt aus vielen Beispielen die schöne Belehrung, daß diese salzigen Reize nach den verschiedenen Pflanzenfamilien auch eben so verschiedene Wirkungen hervorbringen, in den Pflanzen selbst nach Verschiedenheit der Bodenbestandtheile die eigentlichen Pflanzenbestandtheile bald mehr bald weniger abändern, und daß das Vermögen der Einsaugung kein blos passives und auf Gründen unorganischer Physik beruhendes, sondern ein durch die Gesetze der Lebensthätigkeit, welche den Organismus im Allgemeinen beherrscht, bestimmtes Vermögen ist, worin man zu-

Digitized by Google

gleich den Grund von der Erscheinung suchen muß, warum die Gewächse diejenigen Salze am Liebsten aufnehmen, welche ihrer Natur am Meisten entsprechen und ihr analog sind, die anderen aber entfernen und gleichsam absondern.

Für eine solche selbstthätige Ausscheidung der Nahrungsstoffe trifft man namentlich in der Waldvegetation sehr interessante Belege an; denn Beobachtungen haben gezeigt, daß Waldpflanzen solche substantiellen Nahrungsstoffe, welche zur Assimilation dienlich sind, oft entweder in der Rinde oder auf der Oberfläche ihrer Wurzeln absetzten. Man hat schon häufig die Wurzeln mancher Pflanzen mit Krusten und Eisenoxydhydrat überzogen gefunden. Manche Stoffe, welche weder in die Pflanzenorgane noch in die übrigen Pflanzenprodukte übergehen können, werden, nachdem sie von den Wurzeln als Nahrung aufgenommen sind, zwischen den Gefäßen ausgeschieden, ohne die Pflanzen in ihrem ferneren Wachsen zu beeinträchtigen.

Obgleich die den Pflanzen zur Nahrung dienenden, oder ihre Organe reizenden Salze die Thätigkeit der Vegetationskraft zum Behufe der völligen Verarbeitung, Aufnahme und Assimilation der Nahrungsstoffe erhöhen, und die Entwickelungen der Lebensperioden befördern, so scheint es mir doch, daß bei einigen Pflanzenfamilien der Salzgehalt in dem Parenchyme die Eigenschaft besitzt, die Fähigkeit der Verarbeitung, Aufnahme als Nahrung und der völligen Assimilation der Stoffe zu verstärken. Wenigstens hat man Belege für die Thatsache, daß bei großer Hitze dergleichen Salztheile in manchen Pflanzen, z. B. bei den Arten der Aloe, Chenopodeen, und anderer fetten Gewächse, wie Agave, Cactus u. dgl. zurückgehalten werden. Auch wird man in der Cultur der Forstgewächse belehrt, daß für manche Pflanzenfamilien die Salztheile zur Ausbildung des harten Holzes sehr viel beitragen, wie z. B. die Laubhölzer beweisen; auch zum Reifen der Früchte und besonders zur Ausbildung der Samenschalen sind sie sehr dienlich.

Digitized by Google

Tägliche Beobachtungen können uns übrigens belehren, daß alle Salze von Kali, Natron, Kalkerde und anderen pflanzennährenden Körpern stets relativ, und für den besonderen Fall nachtheilig auf den Ernährungsproceß einwirken, wenn sie zur Ausbildung derselben nicht erfordert werden. Gemäß früherer Erörterungen giebt z. B. der Salpeter wegen seines starken Stickstoffgehaltes an die Pflanzen sehr vortheilhafte Nahrungsstoffe ab; allein man hat beobachtet, daß Pflanzen, welche ihn zu ihrer Ausbildung nicht bedürfen, durch seinen Einfluß absterben.

Die meisten Salze gehören wegen ihres doppelten Einflusses auf den Ernährungsproceß allerdings zu den wichtigsten Nahrungsstoffen der Pflanzen; allein man darf ihre Anwendung für Acker-, Garten- und Wiesenpflanzen, besonders während ihrer ersteren Entwickelungsperioden, doch nicht übertreiben. Versuche hierüber haben gelehrt, daß ihre Auflösungen vor allen den jungen Pflanzen nicht zuträglich sind; denn Hopf *) begoß verschiedene auf Gartenerde gestreuete Pflanzensamen täglich mit bestimmten Quantitäten von Salzlösungen und fand, daß alle Keime, nachdem sie die Länge von einigen Zollen erreicht hatten, absterben.

Aus den Resultaten sehr vieler anderer hierüber angestellter Versuche hat man im Allgemeinen wahrgenommen, daß sich die Pflanzen in solchen Flüssigkeiten sehr verschieden verhalten, indem z. B. manche Pflanzen oben, während der untere Theil des Stengels schon zerstört war, Blüthen mit bewegungsfähigen Geschlechtstheilen entwickelten. Diese Beobachtung hat man namentlich an der Berberis vulgaris, Mimulus glutinosus, Parnassia vulgaris und an anderen ähnlichen Gewächsen gemacht; manche erhielten ihre völlige Integrität, wenn selbst die Blüthenstiele schon angegriffen waren.

*) Kastner's Archiv 7ter Bd. 2tes Heft, und meine Abhandlung daselbst 17ter Bd., über die Keimverhältnisse ꝛc.

Digitized by Google

Bei anderen Versuchen zeigten die Blattfedern der Mimosa pudica und anderer Leguminosen an ihren oberen Blättchen noch den Pflanzenschlaf, während die unteren von der Einwirkung schädlicher Flüssigkeiten schon litten. Diese und ähnliche Beispiele, wovon manche noch später mitgetheilt werden, lassen die schädliche Wirkung der salzigen Auflösungen auf die Pflanzen nach einer der drei folgenden Ursachen erklären:

1. Entweder erhalten die Pflanzen ein Übermaaß von solchen Stoffen, die sie noch nicht zu verarbeiten, aufzunehmen und zu assimiliren fähig sind; oder
2. die Thätigkeit der Organe wird zu sehr gereizt, also überreizt oder
3. die dargebotenen Substanzen dienen ihnen nicht zu besonderen Nahrungsmitteln.

Da die Salze nur in so fern auf die Ernährung der Pflanzen wirken können, als sie von Natur im Wasser auflöslich sind, und von letzterem in diesem chemisch-zertheilten Zustande in die Gefäße derselben eingeführt werden, so folgt aus denjenigen Versuchen, welche in ihren Resultaten auf die Ernährung der Gewächse schädliche Einflüsse zu erkennen geben, daß diesen die schwer auflöslichen Salze am Zuträglichsten sind, weil sie vom Wasser nur allmählig aufgelöst und den Pflanzen eben so zugeführt werden. Die verschiedenen Säuren tragen alsdann zur Zersetzung der festen Körper fortwährend bei, so daß den Pflanzen niemals ein Übermaaß ihrer Salze dargeboten wird, welches ihr Leben gefährden oder den Ernährungsproceß stören könnte.

Für den Waldboden bieten sie im Allgemeinen weit günstigere Erfolge dar, als für den Ackerboden; weil in jenem durch die vorhandenen organisch-kohlenhaltigen Stoffe, den sich bildenden Humus und die daraus sich entbindende Humussäure oder durch die jährlich abfallenden Blätter, Nadeln, Holztheile und durch viele andere Körper ähnlicher Art, welche in Folge der andauernden Bodenfeuchtigkeit, die jedem gegen den unmittelbaren Einfluß der Sonnenwärme geschützten Wald-

Digitized by Google

boden gleichsam einwohnet, stets aufgelöst werden, die verschiedenen salzhaltigen Auflösungen unschädlich gemacht werden; die Humussäure und verschiedenen Erden nehmen sie auf, und entziehen ihnen die nachtheilig ätzende Einwirkung.

Obgleich nach Einhof's Beobachtungen *) alle alkalischen und erdigen Salze, wenn sie in großer Menge vorhanden sind, den Pflanzen schädlich, in geringer aber nützlich sind; und obgleich nach Chaptal's Bemerkungen **) diejenigen Salze, deren Grundlagen Alkalien und Kalkerde ausmachen, in den Pflanzen überhaupt in großer Menge, in den verschiedenen Pflanzengattungen und Pflanzentheilen jedoch nicht in gleichem Verhältnisse vorkommen, so machen doch die meisten Waldpflanzen mit besonderer Beziehung auf die Ergebnisse Einhof's eine sehr lehrreiche Ausnahme, indem sie wegen mancherlei günstiger Bodenverhältnisse, besonders wegen der ununterbrochenen Zersetzungen und Verbindungen jene Salze entweder nicht in zu großer Menge erhalten, oder dieselben, wenn sie auch vorhanden wären, in Folge ihrer inneren Kraft aufnehmen könnten, ohne in ihrem Wachsthume gestört zu werden.

Der Einfluß der Salze ist unter besonderer Beziehung auf die Waldpflanzen darum vorzüglich wichtig, weil sie wegen ihrer chemischen Eigenschaften den Humus fortwährend angreifen und in denjenigen Zustand versetzen, in welchem er den Gewächsen zur Nahrung dienen kann. Sie sind die Mittel, wodurch die Verarbeitung der übrigen materiellen Stoffe vor sich geht, und den Waldgewächsen viele Nahrungsquellen geöffnet werden, welche ihren üppigen Wuchs erklären lassen. Die wichtigste Rolle spielen die aus der Verbindung der Humussäure mit den Erdarten, Oxyden und Alkalien entstehenden humussauren Salze, welche sich überall erzeugen,

*) Gehlen's Journal 3ter Bd. Seite 604.
**) Agrikulturchemie 1ter Bd. S. 18.

Digitized by Google

wo beide Elemente, diese Grundstoffe und jene Säure, vorhanden sind.

Aus Versuchen und ihren Resultaten ist bekannt, daß die Pflanzen um so üppiger wachsen, in je concentrirterem Zustande die Humussäure vorhanden ist, indem die Blätter der in ihr vegetirenden Pflanzen in acht Tagen um die Hälfte größer waren, als die zu gleicher Zeit in reinem Wasser wachsenden. Dieses Ergebniß wäre für sich allein hinreichend, das pflanzennährende Vermögen dieser Säure thatsächlich zu beweisen, wenn die früheren Ernährungsbeziehungen dieses nicht schon überzeugend dargethan hätten. Da namentlich die feuchte Humussäure sehr löslich ist, so nehmen gemäß der Ergebnisse besonders angestellter Versuche die Wurzeln verhältnißmäßig mehr Humussäure als Wasser auf; denn das durch jene gelb und braun gefärbte Wasser wird nach einigen Tagen heller und in den Flüssigkeiten der Wurzeln nichts Gefärbtes angetroffen, was beweist, daß die von den Wurzeln aufgenommene Humussäure schon bei ihrem Eintritte in dieselben eine Zersetzung erleidet.

Indem sich diese wichtige Säure nicht allein bei der Fäulniß und Verwesung der Pflanzenüberreste, sondern auch bei der Einwirkung der atmosphärischen Luft auf gewisse Pflanzensäfte bei ihrer Eindickung, oder wenn Holz von solchen Bäumen, welche in frischem Safte gefällt werden, mit der Luft in Berührung kömmt, bildet; indem dieselbe sich auch aus solchen Pflanzenbildungstheilen entwickelt, deren chemische Constitution von der der Humussäure wenig verschieden sind, so läßt sich hieraus bei den günstigen Bedingungen, welche sich zur Bildung der humussauren Salze in dem Waldboden finden, leicht beurtheilen, wie wichtig ihr Einfluß auf die Waldgewächse ist.

Alle Grundstoffe bestimmen den Kohlenstoff der pflanzlichen Überreste zur Absorption des Sauerstoffgases aus der atmosphärischen Luft und haben zu der Humussäure eine sehr starke Verwandtschaft. Je kräftiger sie daher sind, oder je

Digitized by Google

kräftiger ihr Gegensatz mit den verschiedenen Säuren sich gestaltet, desto häufiger sind die Bedingungen zur Bildung der humussauren Salze gegeben. Hierzu gehört vorzugsweise die Gegenwart des Wassers, unter dessen alleiniger Vermittelung sich jene bilden und nährend bestehen können. Diese Bedingung ist im bedeckten Waldboden stets vorhanden, mithin wird der Verbrauch der humussauren Salze durch die Vegetation unaufhörlich ersetzt.

Unter den verschiedenen Eigenschaften der Humussäure, welche theilweise auch auf die humussauren Salze übergehen, verdient besonders diejenige Erwähnung, wornach sie in völlig trocknem Zustande sich weder im kalten noch warmen Wasser auflöst, im feuchten aber zur Auflösung gegen 150 bis 160 Theile siedendes Wasser verbraucht und bei einem Wasser von 15° R. Wärme über 2000 und bei eiskaltem über 6000 Theile zur Lösung erfordert. Diese verschiedene Auflöslichkeit in Wasser von verschiedenen Temperaturen übt auf die humussauren Salze und durch diese auf die Ernährung und das Wachsthum der Pflanzen großen Einfluß aus. Sie enthält einen der wichtigsten Gründe der üppigen Vegetation in warmen Klimaten; es ist höchst wahrscheinlich, daß die Pflanzen warmer Gegenden vermöge dieser Verhältnisse mehr Nahrung erhalten, also auch lebhafter und großartiger sich entwickeln, als in kälteren.

Die humussauren Salze sind diejenigen Substanzen, welche die Pflanzen mit den zu ihrem Lebensunterhalte und Wachsthume nöthigen Erden und Oxyden versehen, und den Übergang derselben in das Innere der Pflanzen vermitteln. Aus den verschiedenen Entstehungsarten dieser und anderer Salze z. B. der kohlensauren, salpetersauren, salzsauren, schwefelsauren und phosphorsauren, welche sich im Wasser auflösen und in ihrem verflüssigten Zustande in die Pflanzen übergehen, läßt sich ihre pflanzennährende Kraft am Einfachsten beurtheilen.

Die humussauren Salze bilden sich vorzüglich noch an

Digitized by Google

solchen Stellen, wo der Boden entweder mit Exkrementen von Menschen und Thieren oder mit trocknen und grünen Pflanzen gedüngt wird, oder wo er mit wildwachsenden in Verwesung übergehenden Pflanzen bedeckt ist. Während dieses Bildungsprocesses wird Sauerstoff absorbirt und kohlensaures Gas entwickelt; die Salze selbst verschwinden alsbald wieder, wenn die angebauten Pflanzen jährlich abgeärntet werden und der Ackerboden wird nach und nach ganz erschöpft, wenn er keinen Ersatz von solchen Salzen erhält. Anders verhält es sich mit dem Waldboden, welchem der Verbrauch derselben auf natürlichem Wege ersetzt werden muß.

Aus der Einwirkung der Humussäure und humussauren Salze läßt sich also im Allgemeinen erklären, wie es einem Boden möglich wird, einerseits so beträchtliche Holzmassen hervorzubringen, andererseits sich selbst an pflanzennährender Kraft zu bereichern, wie solche Waldstellen beweisen, welche bei vorher gutem und geschütztem Holzbestande zu Ackerboden verwendet werden. Daß man hierbei den Einfluß der atmosphärischen Nahrungsverhältnisse nicht übersehen darf, indem sie, wie ich in einer anderen Abhandlung erörtern werde, hierzu sowohl durch materielle als gasförmige Substanzen, ohne die dynamischen Wesen, als Wärme, Licht und Electricität, zu berücksichtigen, einen wesentlichen Beitrag liefern, ist von selbst ersichtlich.

Unter den humussauren Salzen dienen die basischen vorzugsweise denjenigen Pflanzen zur Nahrung, welche auf dem Thonboden wachsen, weil in ihm gewöhnlich die Alaunerde und das Eisenoxyd in beträchtlicher Menge vorkommen. Da sie mit Ausnahme des humussauren Ammoniakes, Kali's und Natrons in kaltem Wasser, sobald sie bei 80° R. getrocknet sind, ihre Auflöslichkeit verlieren, dieses Verhältniß aber in dem Waldboden nicht so leicht stattfinden kann, so erwachsen hieraus für die Ernährung der Waldgewächse um so größere Vortheile, als alle humussauren Salze in den ätzenden Alkalien löslich sind.

Digitized by Google

Die Erscheinungen, welche diese Salze im Kreise der voltaischen Säule darbieten, lassen in Bezug auf den Ernährungsproceß Vermuthungen hegen, welche zwar noch bestätigende Beweise erfordern, aber höchst belehrende Anwendungen zulassen. Durch ihre Einwirkung werden dieselben vollkommen zersetzt; die Humussäure sammelt sich als ein schwarzbraunes Pulver oder in der Gestalt von braunen Flecken um den positiven, die Basis hingegen, wenn sie eine im Wasser lösliche Substanz ist, um den negativen Pol an.

Trägt man dieses theoretisch ermittelte Verhältniß auf die große Werkstätte der Natur, namentlich auf den Waldboden über, in welchem zahllose ähnliche Processe vor sich gehen, und unter dessen Bestandtheilen unaufhörlich Verbindungen und Zersetzungen stattfinden, so erhält man Gründe genug zur Erklärung von Erscheinungen, nach welchen durch materielle, flüssige und gasförmige Bodensubstanzen den Gewächsen Nahrung bereitet wird; der jetzige Standpunkt der Naturwissenschaften reicht jedoch noch nicht hin, Alles zureichend erklären zu können, weil in Folge des Umstandes, daß in der Land- und Waldkultur die Empirie der eigentlichen Wissenschaft weiter vorgerückt ist, als in je einem Zweige des menschlichen Wissens, die Produktionslehre zuerst in ihrer Entstehung begriffen ist, und die Gesetze des Pflanzenlebens durch naturwissenschaftliche Untersuchungen bei weitem noch nicht festgestellt sind.

Sehr einflußreich werden die humussauren Salze dadurch, daß sie, wenn das sie in der Auflösung enthaltende Wasser gefriert, vollständig entmischt werden, was vermöge der beim Gefrieren des Wassers sich entwickelnden Elektricität zu erfolgen scheint. Die humussauren Erdarten sondern sich während dieses Processes in Gestalt eines weißen Pulvers aus, welches Kohlensäure enthält, die von den Basen selbst entweder aus der atmosphärischen Luft oder aus dem Wasser entzogen wurde. Die Humussäure nimmt ebenfalls eine pulverförmige Gestalt an, und wird unauflöslich, wodurch dem

Digitized by Google

Ackerboden einiger Nachtheil erwächst, der für den Waldboden um so seltner stattfindet, als jenes Gefrieren wegen physischer Ursachen in so hohem Grade nicht erfolgen kann.

Wegen verschiedener Gründe wird es zwar wahrscheinlich, daß, sobald die Kälte nachläßt, wärmere Witterung eintritt, und die Humussäure durch das Wasser auflöslich gemacht, sich mit den Basen wieder vereinigt, Electricität erregt wird *), wodurch, da die Electricität für das Wachsthum der Pflanzen ein kräftiges Reizmittel ist, die pflanzennährende Kraft des Bodens sehr gesteigert wird; allein es ist dieses Verhältniß doch nicht so günstig, als es sich gestaltet, wenn dieses Entmischen und Wiedervereinigen, wenigstens in einem an mildem Humus sehr reichen Boden, nicht erfolgte.

Für die Ackererde, welche fast jährlich, oder doch abwechselnd mit künstlichem Dünger versehen wird, gestaltet sich dieses Verhältniß freilich anders; durch das Durchfrieren der Erde wird die Festigkeit eines frisch gepflügten Bodens sehr vermindert, und derselbe lockerer gemacht. Die Nothwendigkeit des Daseyns von Feuchtigkeit erklärt sich aus dem Umstande, daß eine trockene Erde durch den Frost ihre Festigkeit nicht verliert. Da das Wasser durch Gefrieren sein Volum vergrößert, so werden die Erdtheilchen aus ihrer anfänglichen Lage verschoben, ausgedehnt und in ihren Berührungspunkten wechselseitig geändert.

Die Bearbeitung des Bodens während des Herbstes gewährt daher den Gewächsen mancherlei Vortheile, weil derselbe auch im Frühjahre seine Lockerheit, wovon die wasserhaltende Kraft des Bodens wesentlich abhängt, behält. Diesen Zustand, worin doch eigentlich der Hauptnutzen des Durchfrierens besteht, verschafft sich der Waldboden durch seine

*) Bei jeder chemischen Verbindung zwischen zwei Körpern wird bekanntlich Elektricität erregt. Kastner's Experimentalphysik. 1ter Bd. S. 457 u. d. f.

Digitized by Google

reichen Humusschichten gleichsam von selbst. Für ihn ist es daher von großer Wichtigkeit, wenn er von der Kälte nicht durchdrungen und die Humussäure ihrer Auflöslichkeit nicht beraubt werden kann.

Die Eigenschaften der Salze, besonders der humussauren, geben im Allgemeinen zu erkennen, daß durch sie die Pflanzen den größten Theil ihrer Nahrung erhalten, und daß sie zur Vermehrung der eigentlichen Bodenkraft das Meiste beitragen. Hierbei wird jedoch vorausgesetzt, daß dieselben weder vom Regen- noch Schneewasser ausgelaugt werden. Durch den Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffes werden diese Salze fortwährend zersetzt und Wasser mit Kohlensäure gebildet. Je weniger nun diese als Gas aus dem Boden entweichen kann, desto mehr Nahrung enthält er für die Pflanzen. Geschieht aber diese Entweichung, so bleiben am Ende nur noch einige Basen, wozu besonders die Kieselerde zu rechnen ist, und andere weder zersetzte noch zersetzungsfähige Salze übrig, welche für den Ernährungsproceß ganz indifferent bleiben.

Aus sämmtlichen Erörterungen im 4ten bis 8ten Abschnitte geht zugleich hervor, daß auch die physischen Eigenschaften der Bodenarten und die durch die atmosphärischen Einflüsse vorzugsweise bedingten klimatischen Verhältnisse für das Gedeihen der Gewächse nicht unberücksichtigt bleiben dürfen *), und daß nicht alle Pflanzennahrungsstoffe in dem Boden in beträchtlicher Quantität vorhanden seyn müssen, um seine nährende Kraft in sehr günstigen Verhältnissen wirksam zu machen, wie manche Naturforscher und Landwirthe zu fordern scheinen. Beobachtungen belehren nämlich, daß der sogenannte Sandboden für Lucerne und Esparcette hinreichend Nahrung darbietet, und letztere oft sehr üppig vegetiren, obgleich jener nicht zu den fruchtbaren Bodenarten gehört. Diese Erscheinung ist um so belehrender, als man annehmen will, diese Gewächse könnten blos auf Kalkboden üppig wachsen.

*) Diese sollen in einem andern Aufsatze näher erörtert werden.

Digitized by Google

In dem Grade, in welchem die Wasserauslaugung dem Humus die Humussäure und ihre Salze entzieht, werden auch diese Substanzen von den Waldpflanzen aufgezehrt. Der vorhandene Feuchtigkeitsgrad reicht hin, ihre Zersetzungen zu unterhalten und der lockere Zustand des Bodens verhindert die Verflüchtigung der Auslaugung.

Aus den durch Beobachtungen und die Versuche Sauſſure's abgeleiteten Resultaten, wornach sich durch Wasser dem Humus die humussauren Salze entziehen lassen, welche sich aber, wenn man denselben Boden dem Einflusse des atmosphärischen Sauerstoffes wieder aussetzt, und Feuchtigkeit nicht fehlt, auf's Neue bilden, bis endlich bei fortgesetztem Auslaugen und Luftaussetzen aller Humus verschwindet, ergiebt sich, daß im Waldboden die durch die Vegetation verbrauchten humussauren Salze auf natürlichem Wege immer wieder ersetzt werden, da in dem geschützten Waldboden die Bedingungen zur Humusbildung nie verschwinden *).

Mit Hinweisung auf alle Entwickelungen der pflanzennährenden Eigenschaften des neutralen humussauren Kali,

---

*) Den aus dem Humus gewonnenen Stoff nannte Sauſſure Extraktivstoff, weil er mit dem sogenannten Extraktivstoffe der Pflanzen in vielen Eigenschaften wesentlich übereinstimmt. Durch Kochen getrockneter Pflanzen mit Wasser und allmähliges Eindampfen der Auflösung erhält man zwar eine braune, mehr oder weniger dickflüssige und weiche Masse; da aber durch diesen Proceß der Humus nicht allein seine Humussäure und humussauren Salze, sondern alle übrigen in ihm vorkommenden Salze verliert, so dürfte diese Benennung nicht ganz zweckmäßig seyn; denn es werden hier verschiedene Materien unter einem Begriffe vereinigt, welche hierzu nicht berechtigen, da die Pflanzen selbst sehr verschieden sind, wie die Extrakte beweisen, welche man Zucker, Schleim u. dgl. nennt. Obgleich nun in den meisten Pflanzen eigenthümliche Stoffe enthalten sind, welche in ihren Elementen dieselben Stoffe enthalten, so dürfte man wohl einmal einen Stoff finden, welcher diesen Namen verdiente.

Digitized by Google

Natron und Ammoniaks, der Kalkerde, Talkerde und Alaunerde, des neutralen humussauren Eisenoxydes und Manganoxyduls scheinen für die Vegetation der Land- und Waldgewächse die vorzüglichsten Ernährungsverhältnisse auf materiellem Wege gewürdigt zu seyn. Aus allen Thatsachen darf man mit völliger Überzeugung folgern, daß alle Erden, Metalle und Salze, welche man z. B. aus der Asche der Waldgewächse, deren Natur und Menge von der Beschaffenheit der letzteren selbst abhängt, absondern kann, und welche mit den Bestandtheilen des Bodens, worauf die Pflanzen wuchsen, übereinstimmen, in ihrem verflüssigten Zustande in die Pflanzen übergehen und das Wachsthum derselben befördern.

Aus den verschiedenen Beziehungen und Verhältnissen, welche die materiellen Nahrungsstoffe darbieten, ergiebt sich als allgemeines Resultat, daß sie bis zu einem gewissen Grade verschieden geändert, mehr auf den Organismus einwirken, als das gegenseitige Verhalten der näheren Bestandtheile es zu ertragen vermag. Der Verlauf aller Wirkungsverhältnisse unterliegt einem fortwährenden Verwesungsgährungs- und Auflösungsprocesse in dem Boden, welcher, wie schon Linné andeutete, gleichsam der Pflanzenmagen ist, in welchem die Stoffe verarbeitet werden, wobei man nicht übersehen darf, daß sie nicht gleich dem Thiere die Gewalt über ihre Nahrungsstoffe besitzt, deren eigenthümliche Qualitäten zerstören und auflösen, oder sich von der Stelle, wo jenes die Nahrung nicht findet, welche es sucht, oder sich von da, wo es nachtheilige Pflanzen verspürt, entfernen zu können.

Hinsichtlich der Aufnahme und Ausscheidung der Nahrungsstoffe durch das Vermögen der Pflanzenwurzeln und der weiteren Fortpflanzung derselben zu den oberen Pflanzentheilen muß man die wesentlichen Organe, welche für die Lebensprocesse den thätigsten Einfluß ausüben, von den außerwesentlichen, welche oft ohne besonders nachtheilige Folgen ganz oder wenigstens theilweise zerstört werden können, unter-

Digitized by Google

scheiden. Eben so muß man die materiell wirkenden Auffenstoffe von den reizenden, wozu die verschiedenen Salze vorzugsweise gehören, und endlich die rohen noch unorganischen Nahrungsstoffe von dem organisch gewordenen allgemeinen Nahrungssafte und diesen wieder von den aus letzterem durch weitere Zersetzungen und chemische Verarbeitungen sich bildenden besonderen Nahrungssäften oder vegetabilisch organischen Stoffen genau unterscheiden *).

Bevor jedoch die Erscheinungen der weiteren Verarbeitung und Aufnahme der materiellen Stoffe und der Einfluß auf das Innere der Pflanzen näher betrachtet werden können, müssen die beiden Hauptelemente, das Wasser und die atmosphärische Luft, nach ihren verschiedenen Einflüssen, welche sie im Boden auf den Ernährungsproceß ausüben, unter besonderer Beziehung auf die Thatsache, daß man die Nahrungsstoffe in den Pflanzen niemals in ihrem natürlichen Zustande antrifft, näher untersucht werden, um für jene Verarbeitung und Assimilation zureichende Gründe kennen zu lernen.

IX.

Das Wasser und seine Einwirkung durch Kohlensäure, Sauerstoff u. s. w. auf den Ernährungsproceß.

Die bisherigen Untersuchungen liefern viele Beweise, daß die Anwesenheit des Wassers, welches verschiedene Stoffe in

*) Unter Pflanzensaft versteht man gewöhnlich die klare, farbenlose Flüssigkeit, welche in den Pflanzen sich bewegt, und gleich dem Blute der Thiere eine zusammengesetzte Substanz ist; er heißt auch Wassersaft. Pflanzensäfte bezeichnen alle flüssigen Theile der Pflanzen; die Franzosen unterscheiden suc und sève: ersteres übersetzt Eisenbach mit „Pflanzensaft," letzteres mit „Pflanzensäfte." Chaptal's Agrikulturchemie, 2ter Bd. S. 7.

Digitized by Google

sich enthält, für den Ernährungsproceß zu den ersten Bedingungen des Bodens gehört. Es ist das einzige Mittel, welches alle zur Nahrung dienenden Stoffe, sie mögen mineralischen oder organischen Ursprung haben, auflöst, ihren Zusammenhang trennt, sie verarbeiten und assimiliren hilft. Bei seiner Unentbehrlichkeit für die Ernährung der Gewächse ist zugleich die Art und Weise vorläufig bezeichnet, wie und unter welchen Beziehungen dasselbe wirkt.

Jede lebendige Pflanzensubstanz enthält eine bald größere bald geringere Menge von organisch gebundenem unverändertem Wasser, welches zur Verflüssigung und Erleichterung der inneren organischen Thätigkeiten und Wechseleinwirkungen dient. In demselben kommen unfehlbar schon viele sehr fein zertheilte Substanzen vor, welche den Pflanzen zur Nahrung dienen, ein Umstand, welcher manche Naturforscher zu der Meinung verleitet zu haben scheint, als entständen dergleichen Stoffe in den Pflanzen selbst. Diese Ansicht wurde früher schon theilweise widerlegt und wird später im Besonderen als unrichtig dargestellt werden.

Aus diesem Wasser, welches man recht zweckmäßig mit dem Begriffe „Pflanzensäfte" bezeichnet, erhält schon das Samenkorn die erste Nahrung, nämlich den in ihm suspendirten Sauerstoff, welchen es stets bald in größerer bald geringerer Menge aufgelöst enthält. Ohne einen bestimmten Grad von Feuchtigkeit kann von keinem der materiellen Nahrungsstoffe die pflanzennährende Kraft wirksam seyn; sie ist und bleibt so lange gebunden, bis das Wasser auf sie eingewirkt hat, was sich bei jeder großen Trockenheit deutlich zu erkennen gibt. Das Wasser spielt daher für die Bodennahrung der Gewächse durch seine verschiedenen Zustände, physischen und chemischen Eigenschaften eine höchst wichtige Rolle.

Substantielle Nahrung scheint das Wasser an sich bei seiner Zersetzung durch die Pflanzen an diese nicht abzugeben, worüber man verschiedene Versuche anstellte, und daraus sehr abweichende Ansichten abgeleitet. Van Helmont erzog eine

Weide von fünf Pfunden in einem irdenen Topfe, welcher vorher mit 200 Pfunden getrockneter Erde gefüllt war; den Topf selbst schützte er gegen den Einfluß der atmosphärischen Luft, und begoß die Erde blos mit Wasser. Nach fünf Jahren wog die Weide 169 Pfund und 3 Unzen; jene hatte also mit Ausschluß der jährlich abgefallenen Blätter um 164 Pfund zu-, die Erde aber um zwei Pfund abgenommen. Diese Substanzzunahme schrieb man dem Wasser in der Art zu, als gebe dasselbe als solches an und für sich an die Pflanzen materielle Nahrungsstoffe ab.

Diese Annahme scheint mir unwahrscheinlich, indem ich eher annehmen mögte, daß die nährende Eigenschaft des Wassers nicht in ihm als solchem, sondern in den in ihm aufgelöst vorkommenden Stoffen gesucht werden müsse, und fast einzig und allein auf der in ihm enthaltenen Kohlensäure beruhe, und daß das Wasser blos zu dem Ende wirke, um die im Processe der Zersetzung begriffenen Stoffe mehr und mehr zu verflüssigen, sie mit Hülfe der Wurzeln in die Pflanzengefäße überzuführen, und auf diesem Wege mittelbar zur Ernährung der Gewächse wesentlich beizutragen.

Aus weiteren Versuchen hat man zwar auch ermittelt, daß z. B. Coniferen in destillirtem Wasser entstehen, und will durch das Eingehen des Wassers in die festen Pflanzenbestandtheile wahrscheinlich machen und beweisen, daß dasselbe an die Pflanzen während ihres Wachsthumes als Wasser materielle Nahrung abgebe. Auch will man diese Ansicht dadurch bekräftigen, daß man die sogenannten Zuckfäden der Elementarorganismen, welche allerdings Elementarpflanzen mit vorwaltendem Wasserstoffe sind, welche sich an organische Formen ordnen, wobei jedoch die Anziehung des Sauerstoffes Hauptbedingung ist, als Beweismittel anführt; allein ich kann mich, wenn ich das Wesen der Nahrungsfähigkeit des Wassers genau erwäge, ohnerachtet dieser Beziehungen, welche für jene Ansicht zu sprechen scheinen, doch nicht überzeugen, daß das

Digitized by Google

Wasser als materielles Nahrungselement für die Pflanzen angesehen werden könne.

Schon Hassenfratz *) hat gezeigt, daß die blos im Wasser genährten Zwiebeln nach ihrer Entwickelung eine absolut geringere Menge Kohlensubstanz enthalten, als diejenige ist, welche schon in den Zwiebeln vorhanden war. Gemäß der Versuche Saussure's **) zersetzen die Gewächse das Wasser,

---

*) Von diesem Naturforscher finden sich in den Annalen der Chemie vom Jahre 1792 über die Ernährung der Gewächse drei besondere Abhandlungen, worin derselbe zu beweisen sucht, daß der Kohlenstoff das vorzüglichste Nahrungsmittel der Pflanzen ausmache. Die erste derselben geht von dem Satze aus: Das Wasser und die Luft reichen zur Ernährung der Pflanzen nicht allein hin, sondern ihr Wachsthum müsse dem Kohlenstoffe, der sich ursprünglich im Samen vorfinde, und zur Entwickelung desselben verwendet werde, zugeschrieben werden.

Die zweite enthält Beweise für den Satz, daß die Kohlensäure kein nahrhafter Stoff für die Gewächse sey, und die Vegetation dieselbe nicht zersetze, sondern daß sie von den Pflanzen im Dunkeln gebildet werde, und ihre Entstehung theils der Pflanze, theils dem Sauerstoffe des zersetzten Wassers verdanke. Von dieser Ansicht weicht Kirwan in seiner Abhandlung über „den Dünger" ab, und läßt die Kohlensäure durch den Akt der Vegetation selbst zersetzen.

In der dritten wird endlich gezeigt, daß der Kohlenstoff als wahres Nahrungsmittel der Pflanzen aus dem Boden durch die Wurzeln angezogen würde, wo er sich schon in einem Zustande von hinreichender Auflösung oder Vertheilung vorfinde, so daß er, von den Saugwurzeln aufgenommen, und durch die ganze Pflanze geführt werden könne; die Stärke (Größe und Masse) der Pflanze hänge also von der Menge des Kohlenstoffes ab, womit der Boden geschwängert sey.

Wenn auch manche unhaltbare Ansichten in diesen Abhandlungen vorkommen, und die neuesten Entdeckungen in der Chemie und Physik die Erscheinungen der Pflanzenernährung gründlicher erklären lassen, so sind sie doch sehr beachtungswerth, und verdienen wiederholt gelesen zu werden.

**) Recherche chem. sur la Veget. pag. 50 et 217.

Digitized by Google

und eignen sich dessen Grundlagen, den Sauerstoff und Wasserstoff, an, welche bei der Bildung der Elementarorganismen eine Hauptrolle spielen. Durch diesen Proceß mögte allerdings der größte Theil des in den Gewächsen vorhandenen Wasserstoffes erzeugt werden, der nach dem Kohlenstoffe den ergiebigsten Nahrungsbestandtheil der Gewächse ausmachen dürfte. Wenn Pflanzen, welche man mit reinem Wasser begießt, in der atmosphärischen Luft oder im Sauerstoffgase ohne Gegenwart von Kohlensäure vegetiren, so vermehren sie zwar ihren Umfang und ihr Gewicht. Dieses geschieht aber durch bloses Aufschwellen der Substanz, ohne daß Sauerstoff oder Wasserstoff assimilirt werden kann, weil die feste Pflanzensubstanz nicht vermehrt wird.

Zur Kenntniß des großen Beitrages, welchen das Wasser durch seine Eigenschaften und Stoffe zum Wachsthume der Pflanzen liefert, gelangt man am Sichersten, wenn man die Ergebnisse der Beobachtungen und Untersuchungen Saussure's, Bertholets, de la Torre's und anderer Naturforscher in den verschiedenen Zeitschriften *) zerstreut vorgetragen, zusammenhält. Diese Resultate belehren uns zugleich, daß das Wasser für die Ernährung der Pflanzen als solches keinen materiellen Nahrungsstoff abgiebt.

Saussure **) schreibt die Substanzzunahme einer Lysi-

*) Gilberts Annalen; Kastners Archiv; Gehlens Journal der Chemie; dessen Annalen der Physik und Chemie; Journal für technische ökonomische Chemie von Erdmann ꝛc.

**) In dem angeführten Werke. Er stellte nämlich viele sehr belehrende Versuche über die trockne Pflanzensubstanz mehrerer Pflanzen von der Lysimachia vulgaris an, welche grün 129 Gran wogen und verglich die Resultate. Die einen von ihnen hatten acht Tage lang unter einem Recipienten in solcher Luft vegetirt, welche durch Kalkwasser von aller Kohlensäure befreit war, die anderen aber waren sogleich eingetrocknet, und zeigten 38,5 Gran trockne Substanz.

Die in reiner Luft vegetirenden waren, ob sie gleich die

machia vulgaris, welche in reiner Luft vegetirt, und dieſe um ſich her nicht merklich verändert hatte, dem verdichteten Waſſer zu: Allein dieſe kann auch von der vor dem Verſuche im Parenchyme enthaltenen Kohlenſäure herrühren, welche bei den ſogleich eingetrockneten Pflanzen verflüchtigt, bei den in der reinen Luft vegetirenden aber aſſimilirt worden iſt. Auch kann vor dem Verſuche eine geringe Verſchiedenheit der trockenen Subſtanzmenge ſtattgefunden haben, ohne den Einfluß der atmoſphäriſchen Luft zu erwähnen.

Wollte man jene Subſtanzzunahme einer materiellen Aſſimilation des Waſſers zuſchreiben, ſo müßte bei einer etwaigen Verlängerung des Proceſſes auf 14 Tage oder 4 Wochen die Pflanzenſubſtanz ebenfalls allmählig zugenommen haben. Da aber bei einer wirklichen Verlängerung des Verſuches dieſe Zunahme nicht nur nicht erfolgte, ſondern im Ganzen nie mehr betrug als zwei Gran, ja in vielen Fällen, wie Sauſſure ſelbſt *) bemerkt, gar keine Zunahme beobachtet wurde, ſo erfolgt hieraus die Unzulänglichkeit jener Behauptung von ſelbſt, und letztere wird noch durch den beſonderen Umſtand widerlegt, daß, wenn ſie haltbar wäre, während des Proceſſes etwa neunzehn Cubikzoll Sauerſtoff hätten frei werden müſſen; aber das Luftvolum ſelbſt wurde durchaus nicht verändert gefunden.

Nach der Anſicht von Berthollet, Chaptal **) und von anderen Naturforſchern werden die Pflanzen in Folge der Zerſetzung des Waſſers, wobei es den Waſſerſtoff für die Pflanzen herzugeben ſcheine, in ſo fern ernährt, als dieſer den Subſtanzen der Gewächſe angeeignet, der Sauerſtoff aber ausgeſchieden werde. Bei freiwilligen Zerſetzungen todter

Luft nicht merklich verändert hatten, vollkommen geſund, in die Höhe gewachſen und wogen grün 141 Gran, getrocknet aber nur 40,5, und waren nur 2 Gran ſchwerer als beim Ausziehen aus dem Boden.

*) Daſelbſt. S. 223.

**) Agriculturchemie. 1ter Bd. S. 142.

Gewächse verbinde sich der Wasserstoff entweder mit dem Sauerstoffe aufs Neue zu Wasser, oder mit dem Kohlenstoffe, um als Kohlenwasserstoffgas zu entweichen.

Auf diese Erklärungen sich beziehend, vergleicht man diesen Proceß mit der Zerlegung des Wassers an der galvanischen Kette, eine Ansicht, welche vorzüglich Kastner in seinen auf diesen Gegenstand sich beziehenden Schriften geltend zu machen sucht. Der Proceß selbst hat zwar mit den durch das Wasser hervorgerufenen Ernährungsprocessen sehr viel Ähnlichkeit und möchte mich wegen mancherlei sehr erheblicher Gründe nicht abgeneigt machen, nach Kastner's Ansicht die Erscheinungen dieser Processe wenigstens theilweise zu erklären; allein es scheint mir unter anderen Verhältnissen der Umstand nicht angepaßt werden zu können, warum der Wasserstoff nothwendig vermindert werde, und woher alsdann in der Pflanzensubstanz selbst die ansehnliche Menge von Kohle kommen solle? *).

An und für sich auffallend kann nur die Verdichtung des Wassers für den besonderen Fall erscheinen, wenn die Gewächse in einem Gemenge von atmosphärischer Luft und Kohlensäure vegetiren. Nach Saussure's Beobachtungen nimmt dabei die Substanz derselben in einem stärkeren Verhältnisse zu, als es durch die Kohlenassimilirung aus dem Kohlenstoffe hätte geschehen können. Dieses Wasser wollen mehrere der jetzigen Naturforscher, besonders Physiologen, nach Analogie des Krystallwassers, **) Vegetationswasser nennen.

---

*) Unter Andern stellte de la Torre in einem Garten mehrere verschiedenartig abgeänderte Versuche mit verschiedenen Pflanzen an, begoß sie mit kohlensaurem Wasser und sah sie sehr lebhaft wachsen. Auch glaubt Senebier in seiner Phys. veget., daß die beim Herabfließen von den Vulkanen mit Kohlensäure geschwängerten Wasser Ursache von der großen Fruchtbarkeit seyen, welche man am Fuße der Vulkane wahrnehme.

**) Kastner's Experimentalphysik. 2ter Bd. S. 683.

Digitized by Google

Ich werde übrigens in der Ansicht, das Wasser als solches für keinen materiellen Nahrungsstoff anzunehmen, noch mehr bestärkt, und von ihrer Richtigkeit völlig überzeugt, wenn ich obiges Anziehen des Sauerstoffes von Seiten der Elementarpflanzen, welches besonders alsdann recht lebhaft hervortritt, wenn man sie von ihrem natürlichen Standorte in reines Wasser und reine Luft bringt, wo sie denselben mit sehr großer Begierde anziehen, nach seinem wahren Verhältnisse berücksichtige.

Ich glaube, daß die pflanzennährende Kraft des Wassers, so viel es im Allgemeinen zur Entstehung der Pflanzenbildungstheile und zum ferneren Wachsthume der Pflanzen selbst beiträgt, der Kohlensäure, dem in ihm, dem Wasser, verdichteten Stickstoff- und Sauerstoffgase nebst anderen chemischen Substanzen zugeschrieben werden muß. Diese Bestandtheile und die Eigenschaft, die materiellen Nahrungsstoffe zu verflüssigen, möchten die sprechendsten Beweise für meine Ansicht liefern. Kürbisse, welche Rob. Boyle nach van Helmont's Versuchen erzog, gelangten zu Blumen und Früchten. Eben so erzog Eller in getrockneter Erde, welche 15 Pfunde 10 Unzen wog, zwei Kürbisse von 23 Pfund 14 Unzen, welche der Erde nur ein Loth entzogen und fünf Unzen nebst zwei Drachmen Asche gaben.

Aus Samen von Mandeln, Kastanien und Wallnüssen erzog Duhamel *) junge Pflanzen in reinem Seinewasser, verpflanzte im dritten Jahre die Kastanienbäume in den Garten, und sah sie fortwährend gut vegetiren. Die aus den Wallnüssen sich entwickelnden Eichenpflanzlinge wurden zwar acht Jahre alt, und wuchsen anfangs gut; allein sie würden mit jedem Jahre doch schlechter, und ihre Wurzeln bildeten in dem Wasser sogenannte Fuchsschwänze, denen Duhamel das Verderben der ganzen Pflanze zuschreibt.

*) Naturgeschichte der Bäume. 5ter Bd. 1tes u. 3tes Kapitel.

Digitized by Google

Daß der Kohlenſtoff der Bodenarten, beſonders der organiſch-kohlenhaltigen Stoffe, zu jenem Gewichte der Pflanzen nicht Alles beigetragen haben kann, ſondern auch die atmoſphäriſche Luft einen merklichen Beitrag dazu geliefert haben mußte, geben die bisherigen Erörterungen hinreichend zu erkennen. Den Gegenſtand ſelbſt verfolge ich jedoch nicht weiter, indem ich es blos für meine Aufgabe halte, näher zu erörtern, in wie fern das Waſſer zur Auflöſung und Verarbeitung der materiellen Nahrungsſtoffe weſentlich beiträgt, in wie fern der Boden durch ſeinen Einfluß die zur Ernährung der Pflanzen nothwendigen Gasarten der atmoſphäriſchen Luft erhält und wie ſich namentlich der Waldboden auch ohne Mitwirkung des Waſſers mit letzteren verſorgt.

Für dieſe allerdings ſehr wichtigen Beziehungen, unter welchen das Waſſer für den Ernährungsproceß höchſt einfluß, reich wird, möchten den Geſammteinfluß deſſelben folgende zwei Fragen umfaſſen:

1) In welcher Hinſicht trägt das Waſſer, welches im Boden vorhanden iſt, zur Auflöſung und Verarbeitung der materiellen Stoffe und zu ihrem Übergange in die Pflanzen bei? und

2) Wie kommen in Folge ſeines Einfluſſes oder durch die atmoſphäriſche Luft den Pflanzen aus dem Boden gasförmige Nahrungsſubſtanzen zu, und welchen Antheil nimmt das Waſſer hierbei?

Zu einer gründlichen und zureichenden Erklärung und Beantwortung dieſer zwei Fragen muß man vor Allem die chemiſchen Eigenſchaften des Waſſers berückſichtigen, und es verſuchen, aus denſelben den für die Pflanzen höchſt wichtigen Einfluß deſſelben zu erörtern.

Das Waſſer trennt gemäß einer ihm eigenthümlichen Beſchaffenheit den Zuſammenhang der ſelbſt kleinſten Theile, löst ſie auf, führt ſie in die Wurzeln der Pflanzen über und befördert die freie Bewegung der Säfte. Die Wurzeln führen die in ihm gelösten mineraliſchen, organiſchen und gasförmi-

Digitized by Google

gen Stoffe zu den Gefäßen der Gewächse, worauf der größte Theil derselben, aus Kohlensäure, Wasser und Luft bestehend, durch die Lebenskraft der Pflanzen in Bildungstheile umgewandelt, aber nichts weniger als erzeugt wird, wie manche Naturforscher wollen.

Zu den näheren Bestandtheilen der Pflanze gehört die Kohle, mithin muß auch die Kohlensäure, wie früher erwähnt wurde, für den Ernährungsproceß um so wichtiger werden, als sie blos durch das im Boden vorhandene Wasser oder aus der atmosphärischen Luft zu den Pflanzen gelangen kann, woraus sich zugleich ergiebt, daß sie in Form eines Gases vorhanden seyn müsse. Schon Ingenhouß*) hielt für wahrscheinlich, daß die Kohle der Pflanzen vorzugsweise von der Kohlensäure herrühre, weil sie eine sehr leicht zu zersetzende Substanz sey.

In Folge ihrer physischen und chemischen Eigenschaften verbreitet sie sich freilich adhärirend nicht nur durch den ganzen fruchttragenden Boden, sondern auch selbst durch das übrige Gestein, und ist deswegen in allen Felsspalten, Höhlen und kalten Quellen als eine Beimischung heimisch.**) Auch weiß man, daß während der Verwesungen vegetabilischer Überreste nebst anderen Säuren sich freie Kohlensäure entwickelt.***) Allein hiermit ist für ihren Übergang in die Pflanzen noch gar

*) Über Ernährung der Pflanzen und Fruchtbarkeit des Bodens, mit Anmerkungen von Al. v. Humboldt, worin derselbe Seite 18 bemerkt, daß es für die Kenntniß der Wachsthums-Beförderung der Pflanzen überhaupt sehr wichtig sey, nebst der im Boden vorhandenen Kohlensäure noch zu untersuchen, wie viel von derselben in der Atmosphäre enthalten sey; daß alle Düngungsmittel, sowohl die künstlichen als natürlichen, eine große Menge Kohlensäure entweder durch sich selbst oder durch Zersetzung der sie umgebenden Luft erzeugen. Manche Verhältnisse erklärt derselbe jedoch nicht zureichend, wozu namentlich die das Wasser betreffenden gehören.

**) Kastners Meteorologie I. Bd. S. 224.

***) Kastners Archiv I. Bd. 4. Heft S. 448.

nichts bewiesen; dieser würde durchaus nicht erfolgen, wenn nicht das im Boden vorräthige Wasser denselben vermittelte.

Das Wasser besitzt die interessante Eigenschaft, die gasförmigen Substanzen, welche ihm in dem Boden und von der atmosphärischen Luft dargeboten werden, zu absorbiren, und zur Nahrung der Gewächse zu verwenden. Sie gehen mit dem Wasser durch die Wurzeln in die Pflanzen über und wirken theils ernährend, theils auch in der Art, daß sie den Pflanzen für die Verarbeitung der übrigen Nahrungsstoffe behülflich sind. Dieser Einfluß ist jedoch erst als wahrscheinlich anzusehen, und muß durch Thatsachen näher erwiesen werden.

Aus den Erscheinungen, welche die Bewässerung der Wiesen mit solchem Quellwasser, welches Kohlensäure mit sich führt, darbietet, erhält man die einleuchtendsten Beweise für ihren großen Einfluß, welchen sie im Wasser gleichsam suspendirend auf das Wachsthum der Pflanzen ausübt. Hierüber hat vorzüglich Schwerz sehr belehrende Erörterungen gegeben *) und durch dieselben das Sprichwort „Wasser macht Gras" nach seinem ganzen Umfange begründet. Da nun selbst das reinste Wasser von fremdartigen Stoffen nicht ganz frei ist, so erklärt sich aus dieser Thatsache, warum es nicht blos als auflösendes und leitendes, sondern auch als nährendes Mittel erscheint.

Ein schon einmal zum Bewässern verwendetes Wasser besitzt gemäß der Erfahrung stets weniger pflanzennährende Kraft, als frisches Quell- und Flußwasser. Dasselbe führt nämlich die von den Feldern, Waiden, Höhen, Wegen, Städten, Dörfern, Misthöfen, Waldungen und von ähnlichen Orten abgeschwemmten Stoffe mit sich fort, welche es nebst den in ihm in Lösung vorhandenen Salzen bei der ersten Verwendung fast größtentheils an die Pflanzen absetzt. Zugleich

*) Anleitung zum praktischen Ackerbau I. Bd. S. 409.

Digitized by Google

verliert es auch seine nach obigen Verhältnissen allmählig eingesogene und in sich verdichtete Kohlensäure.

Da sich aber das Wasser fast allgemein augenblicklich mit der abgegangenen Kohlensäure entweder aus der atmosphärischen Luft oder durch andere Verhältnisse wieder versieht, so verliert es an seiner pflanzennährenden Kraft weniger, als sein Gebrauch erwarten läßt. Besonders günstig wirken dieser Verlust und Wiedererſatz an Kohlensäure in dem Waldboden, in welchem wegen des fast allgemein vorhandenen Feuchtigkeitsgrades und der ununterbrochenen Verwesungs- und Gährungsprocesse stets die erforderliche Menge Kohlensäure entwickelt wird, was die bei der Verkohlung des Holzes gewonnene Kohle beweißt.

Durch die chemische Einwirkung der Kohlensäure werden zahllose Verbindungen und Zersetzungen hervorgebracht, welche für die Ernährung der Gewächse entschieden vortheilhaft wirken, obgleich manche derselben schädlich sind, z. B. die Verbindungen der Kohlensäure mit den verschiedenen Oxyden. Auf die früheren Erörterungen hinsehend, wird jeder die günstig oder ungünstig wirkenden Verbindungen leicht erkennen.

Das Wasser, welches die Kohlensäure unaufhörlich absorbirt und in sich verdichtet, bringt diese mit den verschiedenen materiellen Nahrungsstoffen in Verbindung, und hilft dadurch unzählig viele einfache oder zusammengesetzte galvanische Säulen bilden; es bringt ununterbrochen elektrochemische Processe zu Stande, und wird dadurch das einflußreichste Mittel, den Pflanzen verarbeitete, verflüßigte und verähnlichte Stoffe als Nahrung zu verschaffen. Die Kohlensäure wird also von den Pflanzen durchaus nicht in fester Form und unveränderter Gestalt aufgenommen.

So wichtig übrigens die im Wasser aufgelöste Kohlensäure für die Ernährung der Gewächse ist, eben so schädlich ist sie ihnen im Übermaaße. Sie ist weder für jede Lebensperiode noch unter allen Umständen und in gleichem Maaße

Digitized by Google

den Pflanzen nothwendig und nützlich,*) wie die durch sie herbeigeführten Nahrungsbeziehungen beweisen. Begießt man nämlich eine junge Pflanze, deren Wurzeln oder Blätter sich erst kurz entwickelt haben, mit solchem Wasser, welches mit Kohlensäure geschwängert ist, so wird sie kränklich. Viele andere Versuche geben ähnliche Resultate und bestätigen die Wahrheit. **)

So wie das Wasser die Pflanzen mit dem größten Theile der ihnen nothwendigen Kohlensäure versieht, eben so trägt es zum Ernährungsprocesse dadurch bei, daß es auch den Sauerstoff absorbirt, in sich verdichtet, und ihn in diesem Zustande den Pflanzen zuführt. Aus den chemischen Eigenschaften dieses Stoffes folgt schon, daß seine Wirkung im Allgemeinen darin besteht, die Entstehung der Humussäure und Kohlensäure aus den im Boden verwesenden Vegetabilien zu befördern.

In je größerem, quantitativem, Verhältnisse zum Stickstoffgase das Sauerstoffgas von dem Wasser verschluckt wird, als dasselbe zu diesem in der atmosphärischen Luft vorhanden ist, in demselben Verhältnisse erwächst aus diesem Absorptionsvermögen des Wassers für die Vegetation eine unversiegbare Nahrungsquelle, so lange das Wasser nicht fehlt. Erfahrungen zeigen auch, daß manchmal ein Boden alle zur Nahrung der Pflanzen dienlichen Substanzen, sowohl in der gehörigen Quantität, als in dem richtigen Mischungsverhältnisse besitzt, und dennoch alsdann höchst unfruchtbar ist, wenn ihm die zur Auflösung der Nahrungsstoffe erforderliche Menge von Wasser fehlt.

---

*) Gilberts Annalen 90. Bd. S. 261, wo Marcet's Versuche über die Wirkung der giftigen Gase auf die Pflanzen, so wie Turner's und Christison's Untersuchungen mitgetheilt werden.

**) In Kastner's Archiv 17. Band habe ich mehrere dieser Versuche mitgetheilt.

Digitized by Google

Durch die Bekanntschaft mit derjenigen Eigenschaft des Wassers, vermöge welcher es Kohlensäure und Sauerstoff aufgelöst in sich aufnimmt, kann man leicht erklären, warum weder die Kraft der mineralischen noch organischen Bodenbestandtheile ohne einen gewissen Feuchtigkeitsgrad wirken kann. Dasselbe dient zur ersten Einleiterin elektrochemischer Processe und als Medium, wodurch die Produkte jener Processe flüssig erhalten und als Nahrungssaft den Pflanzen mitgetheilt werden.

Bei einer genauen Würdigung dieser Wirkungsverhältnisse erklärt sich von selbst, daß zu diesen Zwecken nicht alles Wasser gleich gute Dienste leistet. Wasser, welche aus Granit- und Urkalkgebirgen fließen, sind für die Ernährung der Gewächse dann sehr ersprießlich, wenn sie während ihres Laufes entweder aus dem Boden oder aus der atmosphärischen Luft, oder aus anderen elektrochemischen Processen Sauerstoff und Kohlensäure aufnehmen können. Ist es mit diesen Substanzen geschwängert und führt solche Stoffe mit sich, welche in Salzen, Pflanzenstoffen und thierischen Substanzen bestehen, so wirkt es in doppeltem Verhältnisse; Einmal auflösend, das Andremal als Mittel, welches die aufgelösten, mineralischen, organischen und gasförmigen Stoffe den Pflanzen zuführt.

Ohne Wasser ist die physische Auflösung und Zersetzung aller materiellen und gasförmigen Nahrungsmittel eben so unmöglich, als die Entwickelung der Kohlensäure, Humussäure und anderer Säuren ohne Einwirkung des Sauerstoffes auf die verwesenden vegetabilischen Überreste. Da ihn das Wasser vorzugsweise darbietet, so folgt aus diesen Wechselwirkungen, daß eingetrocknete Pflanzenreste in die Form der Pflanzennahrung nicht übergehen können, bevor nicht das Wasser sie gelöst hat; geschieht es nicht, so bleiben sie wirkungslos.

Die Entstehung und Bildung der Elementarorganismen deutet im Besonderen auf den ausgebreiteten und wichtigen Einfluß des Wassers für den Ernährungsproceß hin. Denn

Digitized by Google

bei jeder feuchten Witterung bilden ſich an Wänden, Mauern, vorzüglich auf dem Boden grüne Niederſchläge und allmählige Überzüge. Man ſieht, wie an den Wänden friſch ausgehobener Zuggräben, an denen das Waſſer hinunterrieſelt, Flechten, Leber- und Laubmooſe nebſt anderen ähnlichen niederen wildwachſenden Pflanzen ſich bilden.

In dem Waſſer befinden ſich Pflanzen- und Thierſäfte in aufgelöſtem Zuſtande; dieſe dienen den vorhandenen Gewächſen entweder zur Nahrung, oder bilden die Grundlage zu ſogenannten Oscillatorien, oder ſetzen ſich allmählig am Boden ab, und bilden unter Einfluß des atmoſphäriſchen Sauerſtoffes den ſogenannten Grundſchleim *), welcher ſich dieſen aneignet, Waſſerſtoff entläßt, und unter Einfluß der Wärme und des Lichtes den Übergang irgend eines Weſens in den Zuſtand eines pflanzlichen Organismus bedingt.

Es geht aus den verſchiedenen Erſcheinungen, welche die Entſtehung der Elementarorganismen darbietet, deutlich hervor, daß der im Waſſer befindliche Sauerſtoff an der Bildung des Zellgewebes, der Waſſerſtoff aber an der Bildung der

---

*) Jeder aufmerkſame Beobachter kann täglich wahrnehmen, und ſich an Gewäſſern, welche in der freien Natur ſtehen oder fließen, überzeugen, wie ſich durch Einfluß des Waſſerſtoffes und Sauerſtoffes die Elementarorganismen entwickeln. Oft werden ſchon über Nacht die Anhäufungen der ſich geſtaltenden Bläschen mit Confervenfäden überflochten. Die Bläschen hängen ſich in zerſtreuten Häufchen an die Fäden wieder an, laufen in neue Fäden ſich reihend aus, und veräſteln ſich mit den erſteren, bis endlich alle Bläschen in Schläuche verwandelt ſind.

Über die Bildung und ſtufenweiſe Entwickelung der Elementarorganismen bis zu vollſtändig organiſirten cryptogamiſchen Gewächſen hat Wiegmann intereſſante Verſuche angeſtellt. Auch hat Märklin „Über die Urformen der niederen Organismen eben ſo belehrende Beobachtungen in einer beſonderen Schrift, Heidelberg 1823, mitgetheilt, welche Kaſtner mit erläuternden Bemerkungen in ſeinem Archive auszog.

Digitized by Google

Faſern und Gefäße beſondern Antheil haben. Kaſtner hat unter Andern nachgewieſen *), daß jeder organiſchen Geſtaltung eine Bildung von kleinen Bläschen vorausgeht, welche ſich aus jenem Grundſchleime entwickeln, welcher allmählig zur Oberfläche des Waſſers gelangt **).

Eine Waldbodenfläche, welche ihrer Bedeckung nicht beraubt wird, beſitzt ſtets das zu dieſen Gebilden erforderliche Waſſer; daher entſtehen auf und in ihm unaufhörlich organiſche Gebilde, welche ihres vegetabiliſchen Lebens bald wieder beraubt werden, in Verweſung übergehen, und dadurch zur Bildung des moderartigen Bodens und zur Bereicherung der pflanzennährenden Kraft ſehr viel beitragen. Die zahlloſe Menge von einzelnen Geweben und Überzügen erhalten den Boden ſtets locker und feucht, und laſſen durch ihre chemiſchen Eigenſchaften nicht zu, daß derſelbe austrocknet oder aus ihm Nahrungsſtoffe verflüchtigen.

Aus dem Vermögen der Bodenarten, mehr oder weniger ſchnell das Waſſer anzuziehen, hat nebſt anderen Naturforſchern beſonders Davy die Fruchtbarkeit deſſelben abzuleiten geſucht. Obgleich nun nach den bisherigen Erörterungen das Waſſer viel Grundſchleim und viele pflanzennährende Stoffe aufgelöſt enthält, ſo kann jene Waſſeranziehungskraft doch nicht als zuverläſſiger Maaßſtab für den höchſten Grad der Fruchtbarkeit des Bodens angenommen werden, weil z. B. der halbverkohlte, ſaure harz- und wachshaltige Humus, wie im 4ten Abſchnitte nachgewieſen wurde, aus der atmoſphäriſchen Luft ſehr viel Feuchtigkeit an ſich zieht, und doch nichts weniger als fruchtbare Bodenarten liefert. Davy's Anſicht kann man nur in allgemeinen Beziehungen als haltbar annehmen und rechtfertigen, da die Gegenwart einer angemeſſenen Menge von Waſſer die erſte Bedingung einer guten Vegetation iſt, alle Pflanzen eine große Menge deſſelben auf-

*) Kaſtners Archiv 1ter Bd. 4tes Heft. S. 450.
**) Daſelbſt.

Digitized by Google

nehmen, durch es alle nährenden Stoffe des Bodens in die Pflanzen gelangen; ein entsprechender Grad von Feuchtigkeit den Einfluß der atmosphärischen Substanzen auf den Boden vermittelt und durch es der angebaute Boden in einem den Pflanzen angemessenen Zustande von Lockerheit erhalten wird.

Bleibt das Brunnenwasser einige Tage dem Einflusse der atmosphärischen Luft ausgesetzt, so absorbirt es Kohlensäure und Sauerstoff (der Landmann und Gärtner sagen: Es wird weicher) und wird hierdurch den Pflanzen zuträglicher, als wenn es sogleich beim Schöpfen gebraucht wird. Das Flußwasser ist außer diesen beiden Substanzen auch noch mit organischen mehr oder weniger zersetzten Stoffen geschwängert, und enthält deswegen sehr kräftige Nahrung für die Pflanzen. Mit Berücksichtigung dieser Eigenschaft und Beschaffenheit läßt sich leicht der zureichende Grund auffinden, warum Duhamel die mit bloßem Seinewasser ernährten Bäume lange fortwachsen sah.

Das Regenwasser ist zwar das reinste unter allen in natürlichem Zustande vorkommenden, und enthält die wenigsten materiellen Nahrungsstoffe; allein es trägt doch zur Ernährung der Gewächse mehr als jedes andere Wasser bei, weil nebst anderen gasförmigen Substanzen in ihm viel Elektricität gebunden vorkömmt, welche für den Ernährungsproceß sehr günstig wirkt. Auch ist das Regenwasser zur Zertheilung des Düngers und mehrerer Bestandtheile desselben, um sie den Pflanzen zur Verarbeitung und Assimilation zuzuführen, wahrscheinlich in Folge seines Elektricitätsgehaltes, das beste. Mit dem Thauwasser verhält es sich aus ähnlichen Gründen auf gleiche Weise.

Das Wasser besitzt auch das Vermögen, das Stickstoffgas der atmosphärischen Luft, in welcher jenes in bedeutender Menge vorhanden ist, in sich aufzunehmen, und zu verdichten. Diese Erscheinung ist in doppelter Beziehung wichtig, weil einerseits der Stickstoff auf die Ernährung der Gewächse höchst vortheilhaft einwirkt, wie der Salpeter, die aus ihm

Digitized by Google

ſich entwickelnde Salpeterſäure und andere ſtickſtoffhaltige Nahrungsſtoffe beweiſen, andererſeits die Pflanzen ſelbſt die Eigenſchaft nicht zu beſitzen ſcheinen, vermittelſt ihrer Blätter den Stickſtoff eben ſo anzuziehen, wie ſie die Kohlenſäure abſorbiren; wenigſtens iſt der Proceß noch durch keine Thatſachen bewieſen, wie letzterer.

Auf manchen Bodenarten, welche keine ſtickſtoffhaltigen Körper beſitzen, werden Pflanzen angetroffen, welche dennoch eine bedeutende Menge Stickſtoff bei ihren Analyſen zu erkennen geben. Da nun dieſer durch die Blätter nicht aufgenommen werden konnte, ſo mußte er vermittelſt jenes Vermögens des Waſſers zu den Wurzeln und durch dieſe in die Gefäße der Pflanzen ſelbſt geführt worden ſeyn. Nur auf dieſe Weiſe kann der Stickſtoffgehalt in Pflanzen, welche auf ſtickſtofffreiem Boden gewachſen ſind, erklärt werden. Dieſem vom Waſſer abſorbirten Stiffſtoffe muß man zugleich einen Theil des günſtigen Erfolges zuſchreiben, welchen das der atmoſphäriſchen Luft ausgeſetzte Brunnenwaſſer gewährt.

Dieſe Verhältniſſe, welche das Waſſer mittelſt der gasförmigen Subſtanzen für die Ernährung der Gewächſe ſo günſtig geſtalten, zeigen auf's Beſtimmteſte, daß das Bodenwaſſer vermittelſt der Eigenſchaft, die atmoſphäriſchen Gasarten zu abſorbiren, ſich mit den einflußreichſten Nahrungselementen der Pflanzen verſieht und letztere in ihrem Wachsthume ſo ſehr begünſtigt. In ihnen muß man die obige Anſicht, das Waſſer nicht als einen materiellen Nahrungsſtoff anzuſehen, um ſo mehr beſtätigt finden, als in dieſen beſonderen Vermögens-Beziehungen des Waſſers ſeine mittelbare und unmittelbare pflanzennährende Kraft faſt ausſchließend geſucht werden muß.

Während der durch das Waſſer eingeleiteten, unterhaltenen und vollendeten Zerſetzungen eignen ſich die Pflanzenwurzeln den Sauerſtoff deſſelben an, und befördern die innere Entwickelung; denn Verſuche haben gezeigt, daß Wurzeln, ſo lange ſie im geſunden Zuſtande ſich befinden, aber von ihren

Digitized by Google

Stengeln getrennt sind, und unter einem Recipienten sich befinden, den Umfang der vorhandenen gemeinen Luft vermindern, und mit dem vorhandenen Sauerstoffgase Kohlensäure bilden.

Wendet man diese verschiedenen Vermögen des Wassers und die daraus sich ergebenden Ernährungs-Beziehungen für die Pflanzen auf den Acker-, im Besonderen auf den Waldboden an, und berücksichtigt die im geschützten Zustande ihm zukommenden günstigen Verhältnisse, so wird man Gründe genug erhalten, sowohl das üppige Wachsen der Waldbäume als auch die nachhaltige Fruchtbarkeit des Waldbodens selbst zu erklären.

Jene drei Substanzen, die Kohlensäure, der Stickstoff und Sauerstoff, deren Verbrauch das Absorptions-Vermögen des Wassers fortwährend ersetzt, gehen mit letzterem in die Wurzeln und von da in die flüssigen Theile der Gewächse über, durch welche alsdann die übrigen nahrungsfähigen Körper in festere Holzkörper umgewandelt und allmählig zu Holzmassen ausgebildet werden. Aus dem Einwirken dieser Stoffe auf bezeichneten Wege wird es fast allein erklärbar, wie selbst ein gegen das Streurechen nicht geschützter Waldboden seinen Gewächsen Nahrung zu geben und nicht ganz zu entkräften vermag.

Auf diesem Absorptions-Vermögen beruht daher der Übergang des größten Theiles der nährenden Stoffe in die Wald-, Acker-, Garten- und Wiesenpflanzen, welche daher um so üppiger wachsen, in je höherem Grade das vorhandene Wasser jene verschiedenen Vermögen besitzt. Wollte man dieses bezweifeln, so müßte man dem Wasser dieses Vermögen selbst absprechen, und z. B. das Wachsen der Forstpflanzen auf einem der jährlichen Abfälle beraubten Boden einzig und allein der mineralischen Kraft des Bodens und dem Einflusse der atmosphärischen Luft zuschreiben; allein diese Kraft wird erst durch jene Processe angeregt und thätig erhalten, mithin muß in ihnen der Grund ihres Einflusses liegen.

Digitized by Google

Aus der Natur des ganzen Ernährungsproceſſes ergiebt ſich, daß die Abſorption und Entwickelung der gasförmigen Nahrungsſtoffe durch erhöhete Temperatur weſentlich befördert und beſchleunigt werden; denn alle organiſchen Körper werden durch Einwirkung derſelben in ihren Lebensfunktionen begünſtigt und zu eigenthümlicher Thätigkeit beſtimmt. Nun beſitzt namentlich der Waldboden vermöge ſeiner Bedeckung, des Kronenſchluſſes ſeiner Bäume und anderer phyſiſcher Beſchaffenheiten Schutz gegen ſchnelle Temperaturwechſel und eben deswegen einen am Meiſten ſich gleichbleibenden Wärmegrad, mithin muß dieſer phyſiſche Umſtand zur Beſchleunigung jener Stoffabſorptionen und durch ſie ſelbſt zur Ernährung der Gewächſe ſehr viel beitragen.

Obgleich die höhere Bodentemperatur von einer geſteigerten Lufttemperatur hervorgerufen wird *) und letztere am Tage die abſolute Menge von Sauerſtoff in den Luftſchichten vermindert, alſo die Abſorption deſſelben ſchwächt, ſo tritt doch des Nachts ein umgekehrtes Verhältniß ein: Der Boden bleibt nämlich in Folge ſeines ſchlechteren Wärmeleitungsvermögens während eines großen Theiles der Nacht noch lange warm, wenn gleich die Luft, als guter Wärmeleiter, ſchon längſt kühler und an Sauerſtoff reicher geworden iſt. Je wärmer der Boden iſt, deſto lebhafter werden die elektrochemiſchen Proceſſe angeregt, und deſto mehr die materiellen Nahrungsſtoffe verarbeitet.

*) Die Bodentemperatur verdient um ſo aufmerkſamer beobachtet zu werden, als von ihrem mittleren Grade die Art, Mannigfaltigkeit und Verbreitung aller Vegetabilien zunächſt abhängt. So weit die Pflanzenwurzeln reichen, wird zwar dieſe Bodentemperatur von einem gewiſſen Grade der Lufttemperatur abhängig; allein es herrſchen zwiſchen mittlerer Boden- und Lufttemperatur mancherlei Verſchiedenheiten, welche in Bezug auf die Vegetation genau zu beobachten ſind. Die Beziehungen der Bodentemperatur zur mittleren Lufttemperatur und Erſcheinungen in der Natur werden in einem beſonderen Aufſatze gewürdigt.

Digitized by Google

Auch dieſes Verhältniß bietet namentlich für die Vegetation des Waldbodens wichtige Vortheile dar, und läßt vielfach zu dem zureichenden Grunde gelangen, warum z. B. in den Sommermonaten die Thätigkeit deſſelben für den Ernährungsproceß am Stärkſten iſt, und die größte und reichhaltigſte Aufnahme von Saft erfolgt. In dieſen folgen gewöhnlich auf heiße, den Boden erwärmende Tage, gemäßigte und kühle Regentage, welche für den Waldboden um ſo günſtiger wirken, je mehr er in jenem Falle gegen das zu ſtarke Austrocknen und Verflüchtigen der Humusſäure geſchützt iſt, in dieſem aber das Waſſer nur allmählig erhält, wodurch ſein Humus weder ausgelaugt wird, noch materielle und gasförmige Subſtanzen rückſichtlich des Ernährungsproceſſes geſchmälert werden.

Man kann nicht bezweifeln, daß bei ſolchen ununterbrochen erfolgenden Abſorptionen des Sauerſtoffes und Stickſtoffes durch das Waſſer und bei der Bildung der Kohlenſäure in dem Waldboden durch die Wurzeln die extraktivſtoffigen Theile, welche mit dieſen noch unverändert in Berührung ſtehen, durch das Waſſer aber zur Aufnahme gelangen, gänzlich oxydirt und gasförmig aufgelöſt werden. Hierdurch wird es wahrſcheinlich, daß im Verlaufe dieſer Proceſſe ähnliche Erſcheinungen erfolgen, wie ſie beim Keimen ſtattfinden, wobei die eigene Subſtanz der Samen und Wurzeln durch Oxydation in Kohlenſäure aufgelöſt wird.

Die bisherigen Entwickelungen der verſchiedenen Verhältniſſe, welche das Waſſer durch ſeine phyſiſchen und chemiſchen Eigenſchaften für den Ernährungsproceß entweder mittelbar oder unmittelbar darbietet, dürften hinreichen, die im Eingange dieſes Abſchnittes angegebenen zwei Hauptfragen über die Ernährungsweiſen des Waſſers nach ihrem ganzen Inhalte und Umfange gewürdigt und beantwortet zu haben. Es geht daraus hervor, wie das Waſſer die Stoffzerſetzung begünſtigt und die freie Bewegung der Säfte befördert; und wie es die Kohlenſäure und andere gasförmigen Subſtanzen

Digitized by Google

absorbirt und in das Innere der Pflanzen einführt. Zugleich enthalten sie den Beweis, daß das Wasser zur Bildung der Kohlensäure, welche als das Hauptnahrungselement der Gewächse überhaupt und der Holzpflanzen im Besonderen zu betrachten ist, die wichtigste Bedingung ist, und seine verschiedenen Vermögen den größten Theil seiner Einwirkungen gründlich erklären lassen.

X.

Die atmosphärische Luft und ihr Einfluß auf die Bodennahrung der Pflanzen durch ihren Sauerstoff, ihren Stickstoff und ihre Kohlensäure.

Der wichtige Einfluß der atmosphärischen Luft vermittelst ihrer gasförmigen Substanzen auf die nährende Kraft des Bodens wurde im vorigen Abschnitte schon mehrfach berührt und die folgende Darstellung gleichsam vorbereitet. Derselbe ergiebt sich überhaupt aus allen früheren Erörterungen ohne weitere Beweisgründe. Eine besondere Würdigung desselben unter besonderer Beziehung auf den Boden ist jedoch unerläßlich und durch die Natur der Sache geboten.

Die Bildung und Entwickelung der Kohlensäure erfordert die Einwirkung des Sauerstoffes, welcher die Pflanzennahrungsstoffe gleichsam aufregt, und zur Thätigkeit bringt. Er weckt nämlich beim ersten Akte der Keimentwickelung die Thätigkeit des Keimes selbst, und führt die Bedingung herbei, wodurch die keimende Pflanze in ihrem Wachsthume begünstigt wird. Diesen Stoff, welcher die übrigen Körper zur Nahrung bestimmt, erhält der Boden größtentheils aus der atmosphärischen Luft; ihre Anwesenheit im Boden ist daher eine Hauptbedingung zur Entwickelung und Zersetzung der Kohlensäure und zu ihrem Übergange in die Pflanzen.

Berücksichtigt man als Beweis für diese Behauptung nur dasjenige, was über die Nothwendigkeit des Sauerstoffes

Digitized by Google

gesagt wurde, und beachtet die Thatsache, daß seine Einwirkung für unzählig viele Verhältnisse die eigentlichen Ernährungsmomente veranlaßt, so wird man in der Gegenwart der atmosphärischen Luft im Boden eine der wichtigsten Bedingungen zur Verarbeitung der Pflanzennahrungsstoffe suchen müssen. Diese betrachte ich hier in so weit, als sie zu Stoffentwickelungen und zur Bildung der Kohlensäure in dem Boden unentbehrlich ist.

Durch Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes wird z. B. die Kohle aufgelöst und die Verschiedenheit der Salze und Säuren aus den materiellen Nahrungsstoffen hervorgebracht. Ist die atmosphärische Luft ausgeschlossen, so bleiben diese unverändert im Boden liegen, und werden nicht in den aufnehmbaren Zustand versetzt. Der Einfluß des Sauerstoffes ist daher für den Ernährungsproceß in dem Grade verschieden, als der Zutritt der atmosphärischen Luft mehr oder weniger gestattet ist.

Aus Ergebnissen von Versuchen ist man zu der Wahrheit gekommen, daß die Pflanzenwurzeln nur alsdann gut wachsen, wenn sie mit atmosphärischer Luft in Berührung stehen; denn sie erhielten unter dem Recipienten einer Luftpumpe ihr vegetabilisches Leben nur so lange, als die Anwesenheit der Luft dasselbe bedingte. Auch weiß man aus Erfahrung, daß die Wurzeln, so lange sie von ihren Stengeln nicht getrennt sind, mehr Sauerstoff verschlucken, als ihr eigenes Volum beträgt, wobei Kohlensäure gebildet wird, welche unmittelbar in den Säften der Pflanzen aufgelöst, und in diesem Zustande zu den übrigen Pflanzentheilen geführt wird.

Gemäß dieser Erscheinungen führen also die Wurzeln das Wasser und die atmosphärische Luft und mit diesen die Kohlensäure und den Sauerstoff zu den Pflanzen, woraus folgt, daß zu jenen die atmosphärische Luft gelangen kann; dieses geschieht entweder mittelbar, wobei die größere oder geringere Lockerheit des Bodens das Meiste bewirkt, oder unmittelbar, wenn die Wurzeln oberflächlich auslaufen oder nur

Digitized by Google

sehr schwache Bedeckung haben. Sowohl durch die Luft als durch jene Eigenschaft der Wurzeln, den im befeuchtenden Wasser vorräthigen Sauerstoff zu entbinden, versehen sich die Pflanzen mit letzterem.

Die Versuche Saussure's *), nach welchen unter andern junge Eichen- und Kastanienbäume, deren Wurzeln in Stickgas, Wasserstoffgas und kohlensaures Gas, ihr unteres Ende aber unter Wasser gebracht wurden, nicht fortlebten, beweisen am Einfachsten, wie wichtig die atmosphärische Luft für die Lebensprocesse der Pflanzen ist. Nach Verhältniß der physischen und chemischen Beschaffenheit, nach der Zusammensetzung und den Aggregatzuständen der Bodenbestandtheile dringt sie in den Boden selbst ein, und wird für die Einleitung der galvanischen Processe, der Zersetzungen und Wiedervereinigungen, der Auflösungen und Vermischungen das wichtigste Agens.

Durch viele Beobachtungen und Versuchsresultate gelangte man zu der Wahrheit, daß die Thätigkeit des Bodens um so größer ist, je leichter und in je größerer Menge die Luft in den Boden eindringen kann. Sich hierauf beziehend, versuchte man es, aus der besondern Fähigkeit des Bodens, eine größere oder geringere Menge von atmosphärischer Luft in sich aufnehmen zu können, einen höheren oder niederen Grad von Fruchtbarkeit desselben abzuleiten. Für viele Beziehungen dürfte gegen diese Folgerung um so weniger etwas einzuwenden seyn, als dadurch viel oder wenig Sauerstoff in den Boden gelangt, und die pflanzennährende Kraft desselben in eben dem Grade erhöhet oder erniedriget wird.

Auch spricht für diese Ansicht der besondere Umstand, daß die Luft beständig mit Staubtheilchen, sogenanntem atmosphärischen Staube, vermischt ist, welche aus mancherlei Erden und Oxyden bestehen, und daß der bekannte Sonnenstaub,

*) Recherches chem. sur la Veget. p. 104. Annalen der Chemie und Physik XXIX. p. 200 u. d. f. — Gilbert's Annal. 90ter Band. S. 261.

Digitized by Google

unter deſſen chemiſchen Beſtandtheilen Thonerde, Kalk, Kieſelerde und Oxyde ſchwerer Metalle entdeckt werden, hinreicht, auf Felſen Humus zu erzeugen, die Verwitterung jener mittelbar zu beſchleunigen, den anzubauenden Boden zu verbeſſern, die angehäuften organiſchen und angeſchwemmten anorganiſchen Ablagerungen zu verarbeiten, im Laufe der Zeit ſandige und unfruchtbare Gegenden in fruchtbare umzuwandeln und hierdurch im Allgemeinen das Pflanzenleben zu befördern *).

Obgleich für dieſe Anſicht der Urſache vorzugsweiſer Fruchtbarkeit des Bodens nach dem Grade des Eindringens der Luft noch manche andere Verhältniſſe zu ſprechen ſcheinen, ſo iſt doch das Vermögen des Bodens, viel oder wenig Luft zu abſorbiren, für die Beurtheilung ſeiner Fruchtbarkeit ein ſehr unſicherer Maaßſtab, weil ſich aus demſelben blos der Aggregatzuſtand und der größere oder geringere Gehalt an Humus, welcher wegen ſeiner poröſen Beſchaffenheit vorzüglich geeignet iſt, atmoſphäriſche Luft zu abſorbiren, ermitteln läßt. Bekanntlich hängt aber von dieſen Verhältniſſen die Fruchtbarkeit des Bodens nicht allein ab, mithin kann aus ihnen auch nicht allein der Grad ſeiner Fruchtbarkeit beſtimmt werden.

So viel iſt jedoch als richtig anerkannt, daß in dieſem Abſorptions-Vermögen des Bodens gegen den atmoſphäriſchen Sauerſtoff der Waldboden weit mehr Nahrung zu ſuchen hat, als der Ackerboden: er iſt in Folge ſeiner Humusdecke locker, und geſtattet der Luft das tiefere Eindringen zu den verſchiedenen Wurzeln der Bäume, wo jene ihren Sauerſtoffgehalt an die feuchte Erde abſetzt, die Proceſſe der Verarbeitung materieller Nahrungsſtoffe einleitet und ihre Aſſimilation beſchleunigt.

Berückſichtigt man für dieſen Lufteinfluß alle von der Humusſäure, von den humusſauren und anderen Salzen dargebotenen Nahrungsverhältniſſe, und vor allen die Wahrheiten,

*) Kaſtner's Meteorologie 1ter Bd. S. 113.

Digitized by Google

daß der Humus, wenn er einen positiven Nahrungsstoff an die Gewächse abgeben soll, dem Einflusse der atmosphärischen Luft ausgesetzt seyn muß, und daß die Humussäure bei der Verwesung vegetabilischer Überreste sich nur in so fern bildet, als sich der größte Theil ihres Kohlenstoffes mit dem aus der Luft absorbirten Sauerstoffe und einem Theile des Wassers verbindet; so wird man von diesem wichtigen Einflusse völlig überzeugt, und findet es nicht sehr befremdend, aus jenem Luftabsorptions-Vermögen des Bodens seine Fruchtbarkeit ermessen zu wollen.

Aus den verschiedenen Entstehungsarten der Humussäure ersieht man ferner, daß die atmosphärische Luft allenthalben die wichtigste Rolle spielt; so wirkt unter andern das Kalihydrat in dem Humus nur so lange auf die Pflanzensäfte vortheilhaft ein, als in der sie umgebenden Luft Sauerstoffgas vorhanden ist. Eben so bedingen alle Basen den Kohlenstoff der vegetabilischen Überreste, das Sauerstoffgas aus der Luft zu absorbiren u. dgl., mithin ist die Gegenwart der letztern eine Hauptbedingung zur Umwandlung jener in Nahrung.

In wie fern nun der Waldboden wegen seiner meistens lockeren Beschaffenheit den Zutritt der atmosphärischen Luft erleichtert, in so fern muß auch seine pflanzennährende Kraft größer seyn als die des Ackerbodens, welcher künstlich aufgelockert werden muß. Zur Bildung der humussauren Salze im Boden ist Absorption des Sauerstoffes unentbehrlich, und jene versehen die Pflanzen mit den zu ihrem Gedeihen erforderlichen Erden und Oxyden, mithin erwächst den Waldpflanzen aus diesem stärkeren Luftzutritte eine große Menge verschiedener Nahrungsvortheile.

Da ferner das kohlensaure Gas alsdann entwickelt wird, wenn Humus, welcher noch unzersetzte Pflanzenreste enthält, der Luft ausgesetzt ist, dieses Verhältniß aber für den Waldboden sich unter dem besonderen Umstande sehr günstig gestaltet, wenn durch die jährlichen Abfälle die Verwesungsprocesse eingeleitet werden, so darf man sich nicht wundern,

Digitized by Google

warum dieser Boden für die Beförderung des Wachsthumes der Waldgewächse so viel Kraft besitzt, sehr üppigen Holzwuchs hervorbringt und selbst den Boden noch bereichert, obgleich ihm durch den ununterbrochenen Lebensproceß viele Stoffe entzogen werden.

Wenn man endlich berücksichtigt, daß bei dem in der Ausbildung begriffenen Humus der aus der atmosphärischen Luft absorbirte Sauerstoff zur Bildung von Humussäure, Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure, bei dem schon ausgebildeten Humus aber zur Erzeugung von Kohlensäure verwendet wird, daß gerade aus diesen Beziehungen der Säuren auf die materiellen Stoffe den Gewächsen die wichtigsten Nahrungsquellen zu Theil werden, und daß in dem Waldboden die Verhältnisse des sich bildenden und gebildeten Humus günstig zusammenwirken, so erhält man Gründe genug, für die Ursachen des üppigen Wuchses der Waldpflanzen.

Zu diesen günstigen Einwirkungen kommt noch, daß unter den verschiedenen Salzen, welche den Pflanzen zu positiven Nahrungsstoffen dienen, vor allen die humussauren, wenn sie im feuchten Zustande einige Zeit hindurch dem Einflusse der atmosphärischen Luft ausgesetzt sind, sich theilweise zersetzen und kohlensaures Gas abgeben, und daß in Folge der Lockerheit des Waldbodens nicht allein die Luft in großer Menge vorhanden ist, oder in denselben einzudringen vermag, sondern auch wegen des beständigen Feuchtigkeitsgrades die günstigsten Beziehungen vorhanden sind, so ergeben sich daraus wieder andere sehr wichtige Gründe für die üppigen Forstpflanzen.

Für alle diese Vortheile bildet die Bedeckung des Waldbodens mit den jährlichen Abfällen und der daraus sich bildenden Humusschichte und die Erhaltung derselben die Grundlage; ihre große Nothwendigkeit und der Schutz des Waldbodens gegen übermäßiges Streurechen ergiebt sich aus diesen Erörterungen. Werden jene entwendet, so gehen alle Processe der Humusbildung verloren und der Boden wird endlich so entmagert, daß die vorhandenen Gewächse entweder ver-

Digitized by Google

krüppeln oder ganz ausgehen und er selbst für den ferneren Anbau von Pflanzen untauglich wird. Der nachhaltige Ertrag der Waldungen wird durch den übermäßigen Gebrauch des Streurechens sehr beeinträchtiget; und diese chemischen Entwickelungen mögen die Ursachen dieses nachtheiligen Einflusses zureichend beurkunden.

Vergleicht man mit Ausnahme der humussauren Baryterde alle humussauren Salze nach ihren chemischen Zusammensetzungen, so findet man, daß sie in hundert Theilen immer gegen 85 bis 93 Theile Humussäure und 15 bis 7 Theile der entsprechenden Erdarten, welche als Basis die Grundstoffe ausmachen, enthalten. Die humussaure Talkerde z. B. besteht im neutralen trocknen Zustande aus 93,5 Theilen Humussäure und nur aus 6,5 Theilen Talkerde; das humussaure Eisenoxyd aber aus 85 Theilen Humussäure und 15 Theilen Oxyd; zwischen beiden Extremen liegen die Zusammensetzungen aller anderer humussauren Salze. Nun übt die atmosphärische Luft auf die Humussäure einen sehr starken Einfluß aus, modificirt die Grunderden zu weiteren Zersetzungen und ist namentlich im Waldboden in großer Menge vorhanden, mithin läßt sich daraus ermessen, wie groß der Einfluß der Luft für den Ernährungsproceß, besonders der Waldpflanzen, ist.

Wegen des ausgedehnten Einflusses der atmosphärischen Luft auf die Entwickelung der Kohlensäure und Bildung aller gasförmigen Nahrungsverhältnisse der Pflanzen hat man sich im Besonderen bemüht, die Ordnung auszumitteln, in welcher die verschiedenen Erdarten das Vermögen besitzen, die Luft, oder vielmehr ihren Sauerstoff, zu absorbiren. v. Humboldt entdeckte diese Eigenschaft, machte auf ihre Wichtigkeit aufmerksam, und manche andere Naturforscher, vor Allen Schübler*) stellten darüber sehr belehrende Versuche an, aus denen sich für die pflanzennährende Kraft des Bodens und für den Ernährungsproceß selbst sehr gehaltvolle Resultate ableiten lassen.

*) Landwirthschaftliche Blätter von Hofwyl. 15tes Heft.

Im trocknen Zustande sind die Erdarten nicht geeignet, Sauerstoff zu absorbiren; sie lassen daher nur kümmerliches Wachsen der Pflanzen erwarten. Hiervon machen jedoch die fetten und öligen Gewächse z. B. Agave, Aloe und Caktus, Cakalia und andere, welche in den trockensten Felsen der heißen Klimate wachsen, wo es manchmal mehrere Monate lang nicht regnet, die brennende Sonne alle andere Gewächse durchdringt und den Bäumen sogar alle Blätter raubt, eine Ausnahme; sie leben fort und sind meistens voll Saft. Die Ursache hiervon liegt alsdann in den Pflanzen selbst, und beruht auf anatomischen Betrachtungen der fleischigen oder fetten Gewächse *).

*) Auf der Insel Bourbon wird unter andern ein Baum angetroffen, dessen große Wurzeln über trockene Laven auslaufen und in deren Ritze hineinkriechen. Obgleich es daselbst binnen acht Monaten keinen Tropfen regnet, so wächst der Baum doch zu einer außerordentlichen Größe empor. Da umstehende Vegetabilien verdorren, so folgt daraus, daß auch der Thau keine solche Wirkung hervorbringen d. h. die üppig vegetirende Pflanze hinlänglich befeuchten kann.

Die Verschiedenheit der Organisation, welche z. B. eine Agave gegen eine der afrikanischen Cassien oder Mimosen, welchen die Wurzeln das unentbehrlichste Werkzeug ist, um Nahrung zu erhalten, zu erkennen giebt, läßt den Forscher am Einfachsten zur Kenntniß gelangen: bei den fetten Gewächsen sind nämlich die Gefäße der Oberfläche wichtiger, als die Mündungen der Saugwurzeln. Die Cassien und Mimosen zeigen mehr Beziehung auf ein Organ, die fetten Gewächse aber mehr ein partiales Leben, weil jedes Blatt weniger Nahrung aus dem Stamme als aus seiner Oberhaut zieht.

Hat z. B. von zwei Gewächsen in den regenlosen Tropenländern das eine mehr einsaugende Gefäße, als das andere, so entzieht jenes natürlich den trockensten Luftschichten auch mehr Feuchtigkeit, während dieses wegen der Dürre verschmachtet. In Oberägypten verlieren daher die Cassien und Mimosen ihr Laub, während Aloe und Mesembryanthemum noch in vollem Safte stehen; die Krone dient diesen statt der Wurzeln. Ich verweise auf v. Humboldts Aphorismen der Pflanzenphysiologie.

Digitized by Google

In dem Verhältnisse des Unvermögens des trocknen Bodens, atmosphärische Luft zu absorbiren, hat z. B. der Forstmann eine theilweise Ursache der Unfruchtbarkeit der Waldblösen zu suchen. Durch den Umstand, daß sie wenig oder gar keinen Sauerstoff absorbiren, bleiben alle Pflanzennahrungsstoffe in gebundenem Zustande, und die Humustheile, humussauren Salze und anderen etwa vorhandenen Nahrungsstoffe werden wegen Mangel an Sauerstoff nicht zu Processen, chemischen Zersetzungen und Verbindungen, veranlaßt. Er muß es daher als eine auf physischen und chemischen Ursachen beruhende Erscheinung ansehen, bei versuchter Wiederbepflanzung derselben oft manche Unternehmungen vereitelt zu sehen.

Sind aber die Bodenarten feucht, wobei sie meistens auch locker sind, wie dieses namentlich vom wilden Humus gilt, so besitzen sie jenes Vermögen in hohem Grade; nach ihm richtet sich natürlich die Entwickelung der Kohlensäure und wird die Ernährung der Gewächse befördert. Der Humus wird dabei in so fern chemisch verändert, als der Sauerstoff mit einem Theile des in ihm enthaltenen Kohlenstoffes das kohlensaure Gas bildet, welches theils in die Pflanzen übergeht, theils in die Atmosphäre entweicht.

Sumpfige Gegenden liefern Beispiele von dem ungünstigen Erfolge übermäßiger Feuchtigkeit als Folge des starken Lufteinflusses; durch den atmosphärischen Sauerstoff wird nämlich mit dem vorhandenen Wasserstoffe des Humus eine große Menge Wasser gebildet, und dadurch die Menge vom Kohlenstoff zu groß, als daß ihn die Vegetation verbrauchen könnte. Die etwa vorhandne Kalkerde, welche sich aus jedem Verwesungsprocesse vegetabilischer Überreste ablagert, kann den Proceß nur so lange verhindern, als sie mit dem Humus selbst in Berührung steht. Die Torflager, welche sich über einem Mergel- oder Kreidelager bildeten, geben Belege im Großen hierzu; ihre pflanzennährende Kraft bezieht sich blos auf die Sumpfpflanzen.

Digitized by Google

Enthalten die Bodenarten Eisenoxyd oder Oxydul, was, wenn auch in geringer Quantität, meistens der Fall ist, so ist die Absorption des Sauerstoffes größer, als im entgegengesetzten Falle, wobei besonders die Humussäure wegen ihrer sehr großen Verwandtschaft zu jenen Körpern eine vorwaltende Rolle spielt. In je größerer Menge beide Körper im Boden vorkommen, desto mehr Humussäure wird letzterem entzogen, und hierdurch das Pflanzenwachsthum geschmälert. In diesem ungünstig wirkenden Verhältnisse muß der Forstmann eine weitere Ursache der Unfruchtbarkeit der Waldblößen suchen.

Da der Humus und die genannten Oxyde auf die Absorption des Sauerstoffes chemisch einwirken, so bildet sich in dem Waldboden bei diesem Verhältnisse mehr Pflanzennahrung, als bei den reinen Erden, weil bei letzteren nichts weniger als eine chemische, sondern vielmehr eine mechanische Verbindung des Sauerstoffes erfolgt; derselbe hängt nämlich an den Erden gleichsam an, und kann deswegen für die Verarbeitung der Körper nur wenig zur Pflanzennahrung beitragen.

Daß auch die verschiedenen Temperaturgrade auf das Vermögen der Bodenarten, den atmosphärischen Sauerstoff zu absorbiren, großen Einfluß ausüben, läßt sich um so weniger bezweifeln, als durch den Einfluß der Wärme alle ähnlichen Processe beschleunigt werden. Je höher daher die Temperatur ist, desto schneller erfolgt diese Absorption.

Die tiefer liegenden Erdschichten sind stets weniger fruchtbar als die oberen, der Grund hiervon kann blos in jenem Lufteinflusse liegen; indem natürlich die Luft stets zuerst von den oberen Erdschichten und allmählig von den tieferen in geringerer Menge absorbirt wird. Diese Erscheinungen finden auf jedem beschatteten oberflächlich frischem Boden am häufigsten statt, wodurch sich der mit einer Humusdecke versehene Waldboden auszeichnet. Hieraus ergiebt sich ein neuer Beweis für den höchst wichtigen Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffes auf die pflanzennährende Kraft des Bodens.

Digitized by Google

Auf diesem Verhältnisse beruht unter besonderer Beziehung auf die Waldvegetation der Beweis für die Wahrheit, daß man durch seinen Einfluß den größten Theil des Kohlenstoffes zu erklären habe, welchen die forstlichen Holzpflanzen besitzen, weil sich in demselben Grade, in welchem der Waldboden mehr atmosphärische Luft absorbirt, sich auch mehr Kohlensäure entwickelt. Auch beruht auf ihm die Art der Verbreitung der Wurzeln; denn das ganze Bewurzelungssystem verbreitet sich mehr oberflächlich, wenn der Boden in seiner Oberfläche lockerer und feuchter als der Untergrund ist, weswegen sie die durch den Sauerstoff entwickelte Kohlensäure leicht aufnehmen. Die pflanzennährende Kraft des Bodens nimmt von unten nach oben aus dem Grunde zu, weil sich durch diese Processe der Absorption in den oberen Erdschichten Kohlensäure und Sauerstoff am Meisten anhäufen.

Diese Kraft nimmt dagegen in dem Verhältnisse ab, in welchem der Boden in Folge zu großer Lockerheit das Wasser zu schnell in den Untergrund entweichen oder gar verdunsten läßt. Um dieses zu vermeiden, überwälzt oft der Landmann sein Feld, obgleich er es für manche Sommergewächse z. B. für Gerste, Lein und andere Arten fleißig gepflügt hat; er drückt es nach der Saat oberflächlich fest, damit die Samen zum Keimen und die jungen Pflänzchen zur Entwickelung ihres Wachsthums Feuchtigkeit genug behalten und durch den Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffes nicht zu sehr gereizt werden. Auch erklärt sich endlich aus jenem Verhältnisse, warum mancher besamte Boden selbst dann wieder aufgelockert wird, wenn der Same schon gekeimt hat.

Künstlich kann der Forstmann diese günstigen Verhältnisse für den Waldboden nicht herbeiführen, wie der Landmann; er muß ihn dem natürlichen Gange der verschiedenen Einflüsse überlassen. Gegen den allzustarken Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffes schützt aber die unmittelbare oder mittelbare Bedeckung, welche das Wasser nur allmählig zu den erdigen Theilen gelangen läßt, und zugleich dazu dient,

Digitized by Google

den Boden ſtets locker zu erhalten, und die Verflüchtigung des Waſſers nebſt der in ihm ſuspendirten gasförmigen Stoffe zu verhindern.

Aus allen Bodenverhältniſſen, welche für die Ernährung der Gewächſe günſtig wirken, erkennt man als allgemeine Wahrheit, daß die Pflanzen, um fröhlich zu gedeihen, und vollkommen ſich auszubilden, ſtets eine beſtimmte Quantität von atmoſphäriſcher Luft in dem Boden entweder vorfinden müſſen oder daß letzterer die Beſchaffenheit haben muß, jene aufnehmen zu können. Die Pflanzenwurzeln müſſen daher mit ihr fortwährend in mittelbarer Berührung ſtehen, und ſich nach allen Richtungen leicht verbreiten können.

Aus der durch Erfahrung bewieſenen Thatſache, daß der Waizen und manche andere landwirthſchaftliche Pflanzen auf einem geſchloſſenen Boden weit beſſer als in einem lockeren gedeihen, ſcheint man zur Folgerung ſich für berechtigt zu halten, daß nicht alle Pflanzenwurzeln in dem Boden gleich viel atmoſphäriſche Luft erforderten. Da man ferner durch Verſuche gefunden hat, daß manche Pflanzen nur alsdann beſſer gedeihen, wenn ſie im Boden wenig Luft antreffen, ſo wollte man jene Anſicht um ſo mehr für richtig halten. Allein es ſcheint dieſes Verhältniß doch mehr für die erſte Entwickelung der Pflanze aus ihrem Keime, als für die ſchon erwachſene zu gelten.

Wenn man alle Erſcheinungen, welche die atmoſphäriſche Luft durch Verbrauch ihres Sauerſtoffes und durch die hiervon abhängige Entwickelung der Kohlenſäure in dem Boden für die Ernährung der Pflanzen veranlaßt, unter ein allgemeines Reſultat bringen will, ſo wird man es etwa alſo ausdrücken müſſen:

„Der Einfluß der atmoſphäriſchen Luft durch ihren Sauer-
„ſtoffgehalt beſchränkt ſich für die bloſe Betrachtung der
„Nahrungsverhältniſſe aus dem Boden allein auf die
„Bildung und Entwickelung gasförmiger Pflanzennah-
„rung durch die Auflöſung entweder der eigenen Pflanzen-

„ſubſtanz oder der organiſchen Überreſte, welche der Ve„getation, namentlich den Waldgewächſen, als Dünger „dienen *)."

Alle Nachweiſungen, welche die durch das Waſſer und die atmoſphäriſche Luft veranlaßten Bedingungen des Ernährungsproceſſes der Gewächſe betreffen, beziehen ſich ſowohl auf die materiellen als gasförmigen Nahrungsſtoffe; der Einfluß des Waſſers bezieht ſich gleich ſtark auf beide Arten, der der Luft aber, wie obiges allgemeine Reſultat beweiſt, mehr auf die gasförmigen Subſtanzen. Beide ſind für die Verarbeitung der Nahrungsſtoffe, für die Zerſetzung vegetabiliſcher Überreſte, für die Entſtehung der Humusſäure und für die Bildung der humusſauren Salze die Hauptbedingungen, und kommen als Elemente des geſammten Naturhaushaltes rückſichtlich der Stoffverarbeitung darin überein, daß man ſie zu denjenigen phyſiſchen Nahrungselementen rechnen muß, welche ſich im Boden vorfinden müſſen, wenn Kohlenſäure entwickelt, und andere Körper zu aufnehmbaren Nahrungsſtoffen umgearbeitet werden ſollen.

XI.

Einfluß der Nahrungsſtoffe auf das Innere der Pflanzen; Ausſcheidung und Verhältniſſe bei der Bildung des Holzſaftes.

Wiſſenſchaftliche Unterſuchungen haben bewieſen, daß für jede Pflanze außerhalb ihres Habitus der Nahrungsſaft durch

*) Daß man den Einfluß des freien Luftzuges in Treibhäuſern auf die in denſelben zu erzielenden Pflanzen nach ähnlichen Beziehungen erklären müſſe, iſt nicht zu bezweifeln. Auch die Berührung der oberflächlichen Wurzeln mit der Luft während der Abſorption dieſes gasförmigen Nahrungsſtoffes läßt ſich nicht anders erklären, wenn man für den günſtigen Erfolg einen zureichenden Grund haben will. Manche andere Erſcheinungen ähnlicher Art in der Gartenkunſt finden in dieſer Wahrheit ihre einfache Erklärung.

Digitized by Google

elektrochemische Processe zwischen den Gemengtheilen des Bodens und den Oberflächen der Wurzeln bereitet, den Pflanzen alsdann unmittelbar zugeführt und daß daselbst die Assimilation ununterbrochen fortgesetzt wird. Alle Ernährungsprocesse der Vegetabilien geben zu erkennen, daß solche Auffenstoffe, welche als Substanzen in die organischen Geschöpfe übergehen, vollständig zersetzt und in die normalen Bestandtheile der Pflanzen selbst umgewandelt werden.

Erfahrungen, Beobachtungen und Versuchsresultate belehren, daß die in den Nahrungsstoffen etwa noch fremdartigen Substanzen, welche unverähnlicht geblieben waren, und welche z. B. das Thier durch den Darmkanal vermittelst seines Magens ausscheidet, sich in der Nähe der Wurzelräume entweder unbenutzt ansammeln, oder anderen zunächststehenden Gewächsen auf ähnliche Art zur Nahrung dienen, wie die thierischen Auswürfe und übrigen Ausscheidungsstoffe den Pflanzen Nahrung ertheilen oder das Wachsthum derselben befördern.

Von der besondern Fähigkeit der Pflanzen, die ihnen nicht zu positiver Nahrung dienenden oder ungewöhnlichen Stoffe nicht aufzunehmen, wenn es nicht auf eine gewaltsame Weise geschieht, geben uns diejenigen Erscheinungen die deutlichsten Beweise, welche die stete und oft innige Vergesellschaftung der Culturgewächse z. B. der Getraidearten mit gewissen Unkräutern und das nicht selten bessere Gedeihen der landwirthschaftlichen Gewächse im gemischten Stande oder bei gewissen, auf einander folgenden Anpflanzungen darbieten.

Ob auf den Grund dieser Thatsache und dem allgemeinen Erfahrungssatze, daß die Pflanzen das Vermögen besitzen, unter den ihnen dargebotenen Stoffen diejenigen sich anzueignen, welche zu ihrem Gedeihen nothwendig sind, nicht auch eine ähnliche Behandlung im Anbaue der Holzarten, d. h. ein Wechsel derselben auf einer und derselben Stelle, vorgenommen werden und das Verfahren selbst zweckmäßig und erfolgreich werden dürfte; ob also nicht in den gemischten Schlägen

Digitized by Google

in mehrfacher Beziehung wesentliche Vortheile zu erwarten seyen, kann hier nicht beantwortet werden. Die Sache selbst ist allerdings der aufmerksamen Betrachtung von Seiten eines wissenschaftlich gebildeten Forstmannes werth; die Gründe für eine verständliche und einleuchtende Behandlung muß er aus der Kenntniß des Bodens und seiner Bestandtheile, aber auch aus der Beschaffenheit der Forstpflanzen selbst hernehmen.

Dieses Wechselverhältniß gehört zugleich zu denjenigen Beziehungen der Forstwirthschaft, welches vom Forstmanne einerseits eine genaue Kenntniß der mineralischen und organischen Bestandtheile des Bodens, andererseits die Kenntniß der den Pflanzen vorzugsweise zur Nahrung dienenden Stoffe und der verschiedenen Substanzen, welche durch die Verwesung der Pflanzenüberreste in den Waldboden übergehen, durchaus erforderlich macht, wenn er von dieser Sache eine klare Einsicht gewinnen will.

In Ansehung der wechselseitigen Aufnahme der verähnlichten und der Zurückweisung der unverähnlichten Nahrungsstoffe der Pflanzen mögen übrigens diejenigen, oder doch wenigstens ähnliche, Verhältnisse stattfinden, unter welchen und wie der Ernährungsproceß bei den Thieren vor sich geht *). Dabei darf man aber die einsaugenden Pflanzentheile, welche für die Ernährungsverhältnisse aus dem Boden die Wurzeln und für die aus der atmosphärischen Luft die Blätter sind, nicht als unthätig ansehen, wie manche Naturforscher wollen. Wollte man dieses und ihnen das Vermögen absprechen, durch ihre Lebensthätigkeit vermittelst ihrer Berührung mit zerstörten organischen Stoffen die Oxydation und

*) Aus Versuchen und Beobachtungen, welche man über diese Ernährungsbeziehungen gemacht hat, hat man ermittelt, daß Vögel und vierfüßige Thiere, deren Futter mit rothem Farbstoffe stark gemengt wurde, letzteren nur in die Knochen und Substanzen des Schnabels absetzten und diese Theile rötheten. Man lese Böhmer's Bemerkungen in v. Humboldt's Aphorismen aus der chemischen Pflanzenphysiologie. S. 140.

Digitized by Google

Auflösung letzterer nicht allein einzuleiten, sondern auch zu befördern, so müßte man gegen das Leben der Pflanzen selbst Zweifel erheben; wo aber Leben ist, da müssen Ursachen zu Wirkungen vorhanden seyn *).

Erwägt man alle für die Pflanzen aus dem Boden sich ergebenden Nahrungsverhältnisse, so erkennt man sogleich, daß man diejenigen Stoffe, aus welchen die organischen Pflanzensubstanzen gebildet werden, von den rein mineralischen unterscheiden müsse: der Zweck der letzteren besteht im Besonderen darin, als äussere aufgenommene Reize die Verarbeitung selbst zu befördern; beachtet man ferner, daß die Existenz der organischen Geschöpfe auf der Wechselwirkung ihrer verschiedenen Organe unter sich beruht, vermöge welcher jedes Vegetabil eine eigenthümlich-chemische Mischung oder Zusammensetzung von näheren Bestandtheilen besitzt, so lassen sich die Erscheinungen der Verarbeitung, Aufnahme und Verähnlichung aller Nahrungsstoffe besonders dynamisch gut erklären **).

---

*) Von besonderer Wichtigkeit für diese Beziehungen sind die Versuche von Tiedemann und Gmelin „Über die Wege, auf welchen die Substanzen aus dem Magen und Darmkanale in das Blut kommen.“ Heidelberg 1820. Hiernach wurden nämlich Indigo, Farberöthe, Cochenille, Kampher, Moschus und Knoblauch niemals von den Saugadern des Magens, also von dem Chylus des Milchbrustganges, sondern in dem Serum des Blutes der Gekrösvenen und der Portader im Harne, in der Milz u. dgl. aufgenommen u. s. w.

Schon Linne schrieb den Pflanzen das Ausscheidungsvermögen zu, wovon man sich wenigstens annähernd dadurch überzeugen kann, daß in manchen Bäumen z. B. in Tannen, welche auf Kalkboden gewachsen sind, mehr Kalkerde gefunden wird, als in solchen, welche im Granitboden wachsen: Analysen von Forstpflanzen geben viele andere Belege hierzu.

**) Diese Ansicht wird besonders wichtig für die Frage: ob die Pflanzen die Fähigkeit besitzen, eine ihnen eigenthümliche Wärme zu erzeugen und sich dadurch gegen die ungünstigen Einflüsse der Temperatur zu schützen oder nicht? Für die Annahme einer

Digitized by Google

Zu dieser dynamischen Ansicht finde ich mich um so mehr veranlaßt, als ich diese Erklärungsart auf das ganze organische Geschöpf und den chemischen Proceß, welcher die pflanzennährende Kraft des Bodens stets in Anregung erhält, beziehe und die nährenden Bestandtheile für jedes Vegetabil in einem arithmetisch-symmetrischen Verhältnisse vereinigt mir denke. Ich kann daher eine Aufnahme solcher Stoffe nur alsdann für möglich halten, wenn sie vor dem Akte des Überganges durch chemische Processe eine vollständige Zersetzung und Umwandlung in die ursprünglichen Bestandtheile des organischen Ganzen selbst erlitten haben, d. h. wenn sie in Form und Eigenschaft der Pflanzen gleichsam geähnlicht worden sind.

Jenes arithmetisch-symmetrische Verhältniß kann zufolge dieser Ansicht durch irgend einen dieser Aussenstoffe nur alsdann gestört werden, wenn er sich vermittelst eines ihm gleichsam angebornen Reizes gegen die organische Thätigkeit den Zutritt erkämpfen würde; alsdann aber müßte in der chemischen Zusammensetzung immer eine Abnormität entstehen, welche für das Pflanzenleben von bald mehr bald weniger nachtheiligem Einflusse seyn würde. Hiermit hat eine andere Ansicht, wornach mehrere Naturforscher behaupten, eine Pflanze bedürfe zu ihrem Wachsthume nur Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff und Stickstoff, welche allerdings die Elemente der organischen Verbindungen sind, und welche annehmen, dieselbe sey im Stande, mit Hülfe dieser Stoffe die unorganischen Stoffe durch ihre eigene Lebenskraft nach Belieben zu erzeugen, sehr viel Ähnlichkeit und vieles Gemeinsame. Sie widerspricht aber derjenigen Ansicht, gemäß welcher eine

---

eigenen Wärme der Gewächse scheinen Hermstädt's Versuche zu sprechen. Die Beweisgründe für und gegen dieselbe aus Nau's und Anderer Versuchen findet man in einer besondern Schrift von Göppert. Breslau, bei Max u. Comp., 1830. „Über die Wärme-Entwickelung der Pflanzen ꝛc. zusammengestellt."

Digitized by Google

Pflanze aus dem Boden die unorganischen Verbindungen, bestehend in den im 3ten Abschnitte betrachteten Körpern und Säuren zu ihrer Ernährung bedarf, obgleich noch nicht genau bekannt ist, wie sie in den Pflanzen verändert und zur Bildung der organischen Stoffe verwendet werden.

Obgleich ich mich zu einer dynamischen Ansicht der Pflanzenernährung sehr hingezogen fühle, so kann ich der Ansicht, als erzeugten die Pflanzen aus jenen vier gasförmigen Stoffen die übrigen unorganischen, doch nicht beistimmen. Es sprechen gegen sie alle Pflanzenanalysen, welche nicht allein diese gasförmigen, sondern auch die materiellen Nahrungsstoffe in größerer oder geringerer Menge darboten. Es wurde noch keine Zerlegung von einer Pflanze vorgenommen, in welcher nicht auch mehrere andere Stoffe angetroffen wurden. In dem Keime konnten sie nicht allein enthalten gewesen seyn; erzeugen konnte sie die Pflanze aber auch nicht, mithin mußten sie allmählig durch die Wurzeln in die Pflanzen gekommen seyn.

Wollte man die selbstthätige Erzeugung solcher Körper, welche zur Erzeugung der organischen Theile wesentlich nothwendig sind, und nach den früheren Darstellungen eine höchst wichtige Rolle spielen, von Seiten der Pflanzen statuiren, so müßte man zugleich annehmen, daß sie diejenigen Körper bildeten, welche auf sie als Gifte wirken, z. B. alle Metallsalze, die Blausäure, der Weingeist, die ätherischen Öle, ätherisch-öligen Wasser, das Ätzammoniak und andere, welche sämmtlich das Pflanzenleben vernichten, und dabei ungeachtet ihrer verschiedenen chemischen Beschaffenheit in der Art und Weise übereinstimmen, und nur der Zeit nach, in welcher jene sichtbar werden, differiren, und in solche Körper umwandeln müßten, welche ihr Wachsthum befördern.

Wollte man auch dieses nicht gerade annehmen, so müßte man es doch auffallend finden, daß die Pflanzen auf der einen Seite in ihrem Inneren durch dieselben Hauptstoffe sich selbst vortheilhafte, auf der anderen aber nachtheilige Nah-

Digitized by Google

rungsmittel bereiten sollten. Bei den auf die Pflanzen als Gifte wirkenden Flüssigkeiten hat man während der Versuche beobachtet, daß z. B. die Spiralgefäße der Pflanzen jene schädlichen Stoffe aufnahmen, und in das Zellgewebe überführten, welches alsdann bei den anatomischen Untersuchungen folgende Veränderungen zeigte: die Wände der Zellen waren gerunzelt, ihre Form kaum zu erkennen, ihr Volum sehr vermindert, und das grüne in ihr enthaltene Wesen, die sogenannte Priestley'sche grüne Materie, mehr oder minder gebräunt.

Die Spiralgefäße selbst zeigten dabei keine sichtbare Veränderung, woraus sich ergiebt, daß die Pflanzen die materiellen Stoffe verarbeiten, aufnehmen und assimiliren, ja selbstthätig ausscheiden. Auch läßt sich hieraus weiter erklären, warum alle mit einem Zellgewebe versehenen Pflanzen, z. B. die krautartigen Stengel der Dykotyledonen, eine bräunliche Farbe annehmen, oft um das Drei- bis Vierfache ihres vorigen Volums verdünnt erscheinen, und endlich zusammenknicken; warum dagegen die holzigen Theile derselben und die starken Stengel der Monokotyledonen und Farrenkräuter wegen der überwiegenden Zahl der Spiralgefäße ihren vorigen Umfang unverändert bewahren.

Den Hergang dieser Erscheinungen sieht man immer von unten nach oben erfolgen, genau nach der Richtung der Gefäße. Hieraus folgt unwidersprechlich, daß die Wurzeln die Stoffe aufnehmen, und allmählig in die oberen Pflanzentheile fortführen. Überall nimmt man deutlich wahr, daß mit dem Beginne des Todes nicht sogleich ein allgemein kränklicher Zustand der Pflanze erfolgt, daß vielmehr die oberhalb der kranken Stelle befindlichen Theile, woran bereits die Einwirkung des Giftes sichtbar wird, ihre völlige Integrität bewahren, und alle Zeichen einer sehr lebhaften Vegetation zu erkennen geben.

Würden diese schädlich wirkenden Stoffe nicht aus dem Boden in die Pflanzen übergehen, so müßten sie in ihnen selbst gebildet werden; dann wäre aber nicht einzusehen,

warum die Pflanzen gerade von unten nach oben erkranken und absterben, und warum die Erfolge solcher schädlichen Einwirkungen der Gifte, wovon man übrigens den Grund in den eigenthümlichen Veränderungen suchen muß, welche die Gefäße der Pflanzen durch die verschiedenartigen Stoffe erleiden, welche man mit dem Namen „Extraktivstoff" bezeichnet, nicht zuerst von oben, oder in der Mitte, oder in anderen Zwischenstellen sich zu erkennen geben sollten.

Wenn nun diese Thatsachen das Aufnehmen dieser verderblich wirkenden Flüssigkeiten von Seiten der Wurzeln und ihr Aufsteigen zu den übrigen Pflanzengefäßen als wahr darstellen, warum sollte man nicht auch überzeugt seyn, daß die günstig wirkenden Nahrungsmittel in verflüssigtem Zustande von den Wurzeln aufgenommen und zu den übrigen Pflanzentheilen fortgeführt werden? Da man ferner in der ganzen Natur nirgends eine Erzeugung der Stoffe, sondern nur eine Abänderung der Form durch Verbindung und Zersetzung der Elemente wahrnimmt, so kann man es als allgemeinen Grundsatz annehmen, daß in den Pflanzen nichts vorhanden ist, was in dem unorganischen Reiche nicht vorher vorhanden, und durch den Boden, oder durch die atmosphärische Luft zu den Pflanzen gelangt seyn sollte, womit nicht allein die meisten der von Naturforschern angestellten Versuche, sondern auch alle Erfahrungen von Forst- und Landwirthen übereinstimmen, so daß man es bei dem jetzigen Standpunkte der Naturwissenschaften und des Gegenstandes selbst als bestimmten Grundsatz ansehen muß, daß sowohl die Menge, als Natur der in den Pflanzen sich findenden unorganischen Stoffe von dem Medium abhängt, in welchem sich jene befinden.

Man hat zwar in zerstoßenem Porzellaine, Schwefel, Quarzsand und in anderen ähnlichen Körpern verschiedene Pflanzen wachsen lassen *), sie dann analysirt und in ihrer

*) Auf Veranlassung einer Preisfrage der Berliner Akademie: ob die in den Pflanzen sich findenden unorganischen Stoffe durch

Asche Kalk oder Kali gefunden, woraus man folgerte, daß diese Nahrungsstoffe auf keinem andern Wege als durch die eigenthätige Erzeugungskraft der Pflanzen selbst in sie gekommen seyn könnten. Diese Folgerung ist eben so unrichtig als sie jedes zureichenden Grundes ermangelt. Weder das Wasser, womit man jene Pflanzen begossen hat, noch die atmosphärische Luft, mit welcher sie umgeben waren *), sind

---

die Vegetation selbst erzeugt würden? ließ Schrader in Schwefelblumen, Eisen- und Antimonoxyd, welche keine Spur von erdigen Theilen enthielten, Roggen, Hafer, Waizen und Gerste keimen und wachsen, und begoß sie mit destillirtem Wasser: da ihre Aschenmenge größer war, als eine gleiche Körnermenge von denselben Samen gab, so folgerte er, seine größere Stoffmenge müßte durch die Vegetation erzeugt worden seyn: diese Beantwortung jener Frage wurde mit dem ausgesetzten Preise gekrönt. Daß man hierbei die Staubtheilchen der atmosphärischen Luft ganz übersah, zeigten spätere Versuche, welche Lassainge beim Ausschlusse der Luft anstellte, und bei der Einäscherung gleiche Aschenmenge und gleiche Bestandtheile in gleicher Quantität erhielt.

Gegen dieses Selbsterzeugen sprechen nicht allein die Thatsachen, daß viele Pflanzen nur bei einer gewissen Bodenmischung gedeihen, z. B. die Esparcette bei Kalk u. dgl., sondern die ganze Lehre von der künstlichen Düngung durch mineralische Stoffe wäre nicht zu begreifen. Das Unhaltbare der Ansicht, welcher manche Agronomen und Pflanzenphysiologen huldigen, widerlegen die früheren Darstellungen über die Nothwendigkeit der materiellen Nahrungsstoffe und der evident bewiesene große Einfluß derselben, besonders der Salze, macht sie völlig gehaltlos.

*) Es ist leicht zu vermuthen, daß diejenigen Substanzen, welche im Wasser löslich sind, auch im Wassergase der atmosphärischen Luft der Verdampfung fähig sind. In ihr finden sich harzige und schleimige Substanzen, Pflanzenduft und salzhaltige Theile, Kalk, Kali, Kohlensäure, Sauerstoff und andere Stoffe. Namentlich herrscht im Regenwasser der Salzgehalt vor, indem z. B. Rob. Brandes berechnete, daß während des Jahres 1825 der Gehalt des Meteorsalzes in dem auf eine Quadratmeile gefallenen Regen sehr groß war.

In den nässenden Nebeln ist der Gehalt an fremdartigen

von diesen pflanzennährenden Körpern frei, welche man in den Pflanzen antrifft, obgleich sie in jener Basis, in welcher man sie wachsen ließ, nicht enthalten waren.

Ist ja selbst das Regenwasser von fremdartigen Stoffen nicht ganz frei: dieses aber macht die Grundlage aller thierischen und vegetabilischen Säfte aus, mithin kann das Ergebniß des obigen Versuches wegen der ihm untergelegten Ansicht durchaus kein Gewicht erhalten. Da man die atmosphärische Luft als ein wahres Chaos von mineralischen Dünsten, von thierischen und vegetabilischen Theilen ansehen muß, welche sich in derselben durch Einfluß der dynamischen Wesen, der Wärme, des Lichtes und der Electricität erhalten, so wird man die Aufnahme jener dem Boden fremden Stoffe durch die Blätter für gewiß anzusehen haben.

Hierin wird man durch die Thatsache bestärkt, daß der Saft von den Wurzeln gegen die Enden der Pflanzen aufsteigt, wovon man sich durch verschiedene Versuche *) über-

---

Bestandtheilen noch größer; denn in drei Loth Thausalz, welches man mittelst leinener Tücher aus dem Mehlthaue von Kornfeldern gesammelt hatte, entdeckte man neben 17 Gran gelben Sandes auch 6 Gran Kalk, 2 Gran Thonerde, $^1/_2$ Gran Eisenoxyd, 19 Gran salzsaures Kali und sehr vieles salzsaures Natron. Bei ähnlichen Versuchen entdeckte man dieselben Körper in dem Meteorwasser.

*) Man ließ z. B. manche Pflanzen in gefärbten Flüssigkeiten wachsen, und erkannte durch Zerschneidung derselben an einzelnen Stellen in der Färbung das Aufsteigen des Saftes. Macht man an einem Baume, besonders im Frühjahre, unter verschiedenen Entfernungen von dem Boden Löcher, so sieht man den Saft aus den untersten Löchern zuerst auslaufen; allmählig laufen auch die oberen aus. Die Mechanik selbst, wodurch der Saft mit großer Gewalt fortgetrieben wird, ist eben so unbekannt, als das letzte Princip aller Lebensbewegungen; die Gesetze der Capillarität und andere Erklärungsarten reichen zur Gründlichkeit der Nachweisungen nicht hin. Verschiedene Versuche, welche man darüber angestellt hat, führten zu keinem zuverlässigen Resultate.

Digitized by Google

zeugt hat, sich mit der gleichsam im Splinte abgelagerten Substanz vermischt, zur Bildung der Blätter eine große Menge der aufgelösten Stoffe verwendet, dabei wahrscheinlich die auf den Blättern aus der Luft sich ablagernden Stoffe absorbirt und dieselben von den Blättern nach dem Stamme zurückführt. Diese Ansicht legt freilich eine Circulation oder doch wenigstens eine Rückkehr des Saftes zu Grunde, welche noch nicht von allen Pflanzen mit Gewißheit bewiesen ist, aber doch nach der Analogie des thierischen Lebens angenommen werden kann.

Für jene Ansicht dürfte jedoch der Versuch in dem besonderen Falle einiges Gewicht erhalten, ja für die Erzeugung der Nahrungsstoffe in den Pflanzen selbst entscheidend erscheinen, wenn man dasselbe Resultat erhalten würde, nachdem man diese Pflanzen in chemisch reiner Kieselerde würde erzogen und mit solchem Wasser begossen haben, welches aus chemisch reinem Wasserstoffgase und Sauerstoffgase dargestellt worden wäre, und wenn man diese Pflanzen mit Luftarten der atmosphärischen Luft umgeben haben würde, welche künstlich aus anderen Körpern gewonnen worden wären. Würde man alsdann bei der Analyse der unter solchen Verhältnissen keimenden und wachsenden Pflanzen eine größere Menge von Bestandtheilen finden, als aus dem Samenkorne selbst, woraus die Pflanzen erzogen wurden, so möchte das Resultat für jene Erzeugung sprechen. So wie aber dieser Versuch als unmöglich erscheint, eben so unmöglich erscheint die Annahme einer Selbsterzeugung der materiellen Nahrungsstoffe in den Pflanzen.

Von dieser Art ist mir auch kein Versuch bekannt; selbst das sehr vorsichtig destillirte Wasser ist noch immer mit einigen feuerfesten Theilen geschwängert. Man ist daher völlig berechtiget, bei der der Natur der Sache ganz entsprechenden Erklärung stehen zu bleiben, daß die Pflanzen nebst den organischen Stoffen je nach der Stufe ihrer Ausbildung noch andere unorganische Stoffe bedürfen, sie verarbeiten, sich ver-

Digitized by Google

ähnlichen und durch die Wurzeln aus dem Boden aufnehmen müssen, um zur Vollkommenheit zu gelangen.

Für die innere Verarbeitung der Nahrungsstoffe und für die Bildung der Holzmasse ist vorzüglich der Einfluß der Kohlensäure zu berücksichtigen. Von ihr hängt jene Bildung und die gegenseitige Beziehung zur Pflanze selbst wesentlich ab, welche zugleich zeigt, daß er aus einer Auflösung von Kohlensäure, bei manchen besonderen Pflanzenfamilien aber aus der Auflösung von verschiedenen salzigen Theilen, deren Verhältniß und Vermögen schon entwickelt wurde, vermittelst der im Wasser befindlichen Pflanzennahrung entsteht, welche durch die organische Wirksamkeit der Gewächse eingesogen wird.

Der besonderen Beschaffenheit dieser oft wenig veränderten Pflanzennahrung entsprechen die besonderen Qualitäten des Holzsaftes, welcher nebst den außerwesentlichen Bestandtheilen noch Gallussäure, freie Essigsäure, Gummi, Zucker *), essigsauren Kalk und Alaunerde enthält; unter andern enthält der Birkensaft außer Wasserstoff, grünem Talge, Wachs und anderen Stoffen auch noch ätherisches Öl und Harz, welche sich auch in dem Safte der Fichten und anderer Nadelhölzer finden. Nebst diesen Stoffen werden in ihm noch verschiedene Salze angetroffen, welche die Constitution der Gewächse wesentlich bedingen.

---

*) Daß der Saft weder Stärke noch Zucker enthalten solle, wie manche Naturforscher wollen, widerspricht dieser Behauptung; allein viele hierüber angestellte Versuche geben immer Zuckertheile zu erkennen. Jene Naturforscher wollen den Zucker erst in den Blättern verarbeiten und so in den Saft selbst zurückkehren lassen, um dann eigenthümliche Pflanzenstoffe zu bilden. Sie können aber für ihre Erklärungen keine näheren Gründe angeben und nicht nachweisen, ob die verschiedenen Pflanzenstoffe schon durch den eigenthümlichen Athmungsproceß in den Blättern gebildet, oder ob der Saft durch den atmosphärischen Einfluß erst befähigt wird, in den Pflanzenorganen die besonderen Pflanzenstoffe abzulagern.

Digitized by Google

Sämmtliche Stoffe sind vom Wasser in großer Menge aufgelöst und in ihrem verflüssigten Zustande verschiedenartig gestaltet; die verschiedenen Säfte, welche man dabei unterscheiden muß, geben diese Beschaffenheiten am Anschaulichsten zu erkennen. Daß man den allgemeinen Nahrungssaft, aus welchem die verschiedenen Pflanzentheile gebildet werden, von den besonderen Säften der Pflanzen, welche erst aus jenem allgemeinen Nahrungssafte gebildet werden, unterscheiden muß, und daß sich unter den Pflanzennahrungssäften der Holzsaft vor dem Lebenssafte selbst auszeichnet, ist eine durch Erfahrung bewiesene Thatsache; derselbe enthält einerseits stark oxydirte Stoffe, und ist andererseits von sehr wässeriger Gestalt und selbst ohne innere Gestaltung der festen Substanz.

Aus einer genauen Betrachtung der Eigenschaften des Lebenssaftes ergiebt sich im Besonderen, daß er nebst den übrigen flüssigen Absonderungen eine mehr desoxydirte, kohlenstofffreiere und viel concentrirtere Beschaffenheit besitzt, als andere Saftarten; zugleich ist mit seinen festen Theilen wenig Wasser verbunden. Das früher in einer Anmerkung *) von Pflanzensaft und Pflanzensäften Gesagte, möchte durch diese wenigen Erläuterungen noch einleuchtender geworden seyn.

Im Holzsafte selbst sind zwar die Mengenverhältnisse der festen Theile nach den verschiedenen Vegetationsperioden und Außenverhältnissen eben so verschieden und mannigfaltig und derselbe hat mit dem Lebenssafte sehr Vieles gemein; allein er gelangt doch nie zu einer solchen concentrirten Beschaffenheit, welche der Lebenssaft charakteristisch besitzt. Beide unterscheiden sich demnach in der verschiedenen Concentration von einander; die Laubhölzer der gemäßigten Zonen haben einen concentrirteren Saft als die Palmen.

Endlich ist noch das Verhältniß wichtig, welches beim Übergange des Holzsaftes in den Lebenssaft stattfindet. Hauptbedingungen hierzu sind die Zersetzungen der Kohlensäure mit besonderem Bezuge auf die Absonderungen, welche während

*) Im 8ten Abschnitte am Ende.

Digitized by Google

dieſes Proceſſes erzeugt werden; ohne ihren Einfluß kann dieſer Übergang nicht ſtatt finden. Der Proceß ſelbſt erhält für die Ernährung und Entwickelung der Gewächſe um ſo größeres Intereſſe, und um ſo höhere Wichtigkeit, als auf dieſem Wege die Hauptſtoffbildung, woraus die Pflanzenſubſtanz beſteht, nämlich die Kohlenbildung, vor ſich geht.

Vermittelſt einer genauen und aufmerkſamen Betrachtung der weſentlichſten chemiſchen Verhältniſſe dieſer Kohlenbildung gelangt man zur Überzeugung von der Wahrheit, daß durch die bald mehr bald weniger vollſtändigen Desoxydationen und Verbindungen der Kohle mit den verſchiedenen Mengen des atmoſphäriſchen Sauerſtoffes die kohlenhaltigen Bildungen der Abſonderungen entſtehen, wodurch ſich der Hauptcharakter jeder Holzart im Beſonderen und aller holzartigen oder feſten Theile der Vegetabilien im Allgemeinen zu erkennen giebt.

Der allmählige Übergang des Holzſaftes in den Lebensſaft wird für die Waldgewächſe um ſo wichtiger, als erſterer dadurch eine ſowohl quantitative als qualitative Veränderung erleiden muß, wenn er letzterer werden ſoll. Indem nämlich die Blätter das Waſſer ausdünſten, welches in dem von den Wurzeln aufſteigenden Pflanzenſafte enthalten iſt, verbreiten ſie den in ihnen ausgearbeiteten Saft durch den Splint und in alle Theile der Pflanze ſelbſt bis in die Wurzeln *), um die eigentlichen Pflanzenſtoffe zu bilden. Obgleich

*) Daß der Saft von den Blättern wieder nach allen Theilen der Pflanze vertheilt werde, iſt theils durch Verſuche, theils durch analoge Erſcheinungen bei der thieriſchen Ernährung zuverläſſig bewieſen. Es haben hierüber verſchiedene Naturforſcher ſehr belehrende Verſuche angeſtellt; die intereſſanteſten Reſultate liefern die von Knight zum Behufe der Nachweiſung einer Circulation der Säfte in den Pflanzen. Er band z. B. an einer lebendigen Pflanze beſtimmte Stellen feſt, wodurch die Pflanze oberhalb der Verbindung anſchwoll, und zugleich bewieſen wurde, daß die Flüſſigkeiten in den äußeren Theilen der Pflanzen von oben nach unten ſich bewegen. Die Nachweiſungen über das ſogenannte Ringeln der Bäume; die Vermehrung der Blüthe und Früchte durch Abnahme eines circulären Bandes von der

Digitized by Google

man von diesem umgeänderten Safte nach dem jetzigen Standpunkte der Sache keine zuverlässige Kenntniß hat, so wird man ihn doch zweckmäßig mit dem Begriffe „Holzsaft" bezeichnen, welcher durch jenen Proceß concentrirt, also quantitativ verändert wird.

Dadurch, daß die Pflanzen Kohlensäure absorbiren, und Sauerstoffgas aushauchen, also Kohlenstoff zurückhalten und den Sauerstoff der oxydirten Nahrungsstoffe aushauchen, werden die letzteren durch diesen Proceß bald mehr bald weniger desoxydirt. Der Holzsaft wird hierdurch seiner Beschaffenheit nach, d. h. qualitativ verändert; die eigentlichen Nahrungsstoffe nehmen bei diesem Processe in dem Lebenssafte ihr einnere Organisation und Lebendigkeit an, und werden allmählig mehr verdichtet *). Beide Veränderungsarten dürften auf dieselbe Weise sich gründlich erklären lassen, wie die Processe bei der thierischen Stoffveränderung. Die Entwickelung dieser Desoxydationen durch die Blätter kann jedoch erst bei der Darstellung des

---

Rinde; die Vermehrung der Wurzel- und Knollenbildung der Pflanzen und andere Erscheinungen lassen sich aus jenen Resultaten zureichend erklären.

Bei den Thieren werden aus dem Blute die verschiedenen, sowohl festen als flüssigen Theile gebildet. Dieses bildet sich aus dem Nahrungssafte, erleidet in den Lungen durch die Einwirkung der atmosphärischen Luft eigenthümliche Veränderungen und wird hierdurch zur Erzeugung der thierischen Stoffe befähigt. Die Thätigkeiten selbst bleiben jedoch immer unbekannt. Daß die aus den Wurzeln aufsteigenden Säfte in den Blättern diejenigen Veränderungen erleiden, wie das Blut, durch welche sie die Eigenschaften erhalten, die verschiedenen Pflanzenstoffe zu bilden, ist höchst wahrscheinlich.

*) Die Zunahme der Dichtigkeit des aufsteigenden Saftes ersieht man aus den Beobachtungen Knight's, wornach der Saft eines Maulbeerbaumes zunächst an der Erde ein specifisches Gewicht von 1,004; in einer Höhe von 6,8 Fuß eines von 1,008; und in einer von 13,7 Fuß eines von 1,012 hatte. An Birken und Buchen angestellte Versuche gewährten mir dieselben Resultate, mit Berücksichtigung der einzelnen Beschaffenheiten der Saftarten.

Digitized by Google

Einflusses der atmosphärischen Luft genauer gewürdigt werden, ich verfolge den Gegenstand daher nicht weiter, da ich die atmosphärischen Nahrungsbeziehungen in der 2ten Abtheilung darstellen werde.

XII.

Allgemeiner Überblick und Schluß.

Übersieht man sämmtliche Darstellungen und Entwicklungen des Ernährungsprocesses der Pflanzen, in wie fern er durch die organischen und unorganischen Bestandtheile des Bodens bestimmt wird, so gewinnt man als allgemeines und bestimmtes Resultat:

„daß für Unterhaltung und Belebung der Pflanzen der „Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, wozu „man auch das Silicum noch rechnen muß, nicht voll„kommen hinreichen, sondern daß noch andere unorgani„sche Stoffe, die Kalk-, Talk-, und Alaunerde, das Kali „und Natron, der Schwefel, Salpeter und andere Stoffe, „besonders die kohlenhaltigen erfordert werden, welche „die Pflanzen aus dem Boden aufnehmen, nicht aber in „sich selbstthätig erzeugen; und daß die Thätigkeit und „Fruchtbarkeit des Bodens nicht allein von den minera„lischen und organischen Bestandtheilen, sondern vielmehr „von der Fähigkeit desselben, kohlenhaltige Gasformen „als Nahrungsstoffe in sich selbst zu entwickeln, abhängig „gemacht werden muß."

Da nun selbst die materiellen Nahrungsstoffe vermittelst des Wassers in einen aufnehmbaren Zustand versetzt werden, d. h. völlig verflüssigt seyn müssen, so folgt hieraus, daß die Entwickelung beider Gattungen von nährenden und reizenden Substanzen:

1) von der Lockerheit des, wenn nicht gerade beschatteten, doch gegen den direkten Einfluß der Sonnenstrahlen geschützten Bodens;

Digitized by Google

2) von dem in größerem oder geringerem Maaße erfolgenden Eindringen der atmosphärischen Luft;
3) von der durch den Einfluß des Sauerstoffes bedingten Entwickelung der Kohlensäure und von den hierzu erforderlichen Bedingungen;
4) von einem zu diesen Processen erforderlichen Wärmegrade des Bodens und
5) von dem unter den Gewächsen selbst stattfindenden Nahrungsaustausche

wesentlich abhängig ist.

Man sieht überall, daß die Erden und Alkalien nebst den durch die zersetzende Einwirkung der verschiedenen Säuren entstandenen Salzen, wenn sie dem Boden, welcher in Folge der elektrochemischen Kraft ihre Zersetzung und Neutralisirung befördern hilft, im aufgelösten Zustande in geringer Menge zugeführt, also der Pflanze nicht gerade ausschließend als Nahrungsstoffe dargeboten werden, und in keinem auflösbaren Zustande sich befanden, entweder an oder auf der Oberfläche der Wurzeln sich ablagern und gleichsam für spätere Lebensperioden aufbewahrt werden.

Im Gegentheile zeigt sich auch, daß ein Boden, wenn er von organisch-kohlenhaltigen Materien entblößt, oder sein Humus in einen unauflöslichen Zustand versetzt, derselbe also entweder kohlenartig, erdharzhaltig *), oxydirt oder sauer ist, z. B. in Torfmooren, in feuchten und trocknen Orten der Erdoberfläche und besonders in solchen Gegenden, deren Boden arm an salzfähigen Grunderden ist, z. B. in dem eigentlichen Sandboden, weswegen derselbe für diejenigen Pflanzen ganz unwirksam ist, aus denen er sich gebildet hat, von den

*) Ein an Wachs und Harz reicher Humus bildet sich gewöhnlich aus den Heidekrautarten z. B. aus der **Erica vulgaris**, **Erica tetralis**, bedeckt die trockenen Waldblösen, und begünstigt die Vegetation um so weniger, je mehr Harztheile er enthält. Durch Verbrennen, Vermischen mit Feuchtigkeit, Kalk, Kali und Ammoniak würde man die Entmischung veranlassen, und die harzigen Theile zur Pflanzennahrung umgestalten.

Digitized by Google

Kulturpflanzen entweder keine oder sie nur zu kümmerlichem Wachsthume bringt.

Die Ernährungsprocesse zeigen, daß bei dem Vorsichgehen gegenseitiger Wechseleinwirkungen zwischen den mineralischen Stoffen, zwischen dem Wasser und der atmosphärischen Luft mit den darin enthaltenen dynamischen Wesen, der Wärme, dem Lichte und der Electricität, die elektrochemische Kraft des Bodens gesteigert wird, und daß man in der Zusammenwirkung aller dieser Kräfte die Ursachen von mehr oder weniger üppigen Vegetationen aufsuchen muß.

Aus allen Erörterungen erkennt man ferner, daß das organische Ganze, wenn es entstehen, sich entwickeln, fröhlich gedeihen und zur vollkommenen Ausbildung gelangen soll, von dem Daseyn mineralischer und organischer Stoffe und von den durch das Wasser und die atmosphärische Luft eingeleiteten und vollbrachten galvanischen Wechseleinwirkungen abhängig ist; und daß es von äußeren Einflüssen um so weniger bedingt wird, je weiter es in der Ausbildung gediehen und je mehr die innere Kraft der Bildungstheile gestärkt ist. Beispiele hiervon liefern uns die baumartigen Forstpflanzen von ihrer ersten Entwickelung anfangend bis zu ihrem Abtriebe.

Waldflächen, welche von Pflanzen entblößt sind, liefern uns ähnliche Beweise, wie ungebaute Oberflächen, daß mancherlei Unkräuter, Moose, Steinflechten und andere niedere Gewächsarten für ihr allerdings sehr einfaches Leben sehr leicht die äußeren Bedingungen finden und sich auf solchen Bodenarten unverändert erhalten. Dabei erkennt man aber sogleich, daß ihre ganze Existenz so eng mit den Außenverhältnissen zusammenhängt, daß bei etwaigem Mangel der einen oder andern Steinart, beim Abgange des nöthigen Lichteinflusses oder des nöthigen Feuchtigkeitsgrades ihr Leben plötzlich aufhört.

Die Ernährungsprocesse aller Vegetabilien zeigen, daß jedes Pflanzenganze gemäß der ihm eigenthümlichen Kraft die Stoffe, selbst in einer bestimmten Entfernung sucht, sie sich

Digitized by Google

aneignet, umwandelt und assimilirt *); daß dieses organische Vermögen um so geringer ist, je einfacher und unvollkommener der Organismus ist. Man erkennt aus ihm, wie mit der Zunahme der Vollkommenheit der inneren Organisation die Vegetationskraft selbstständiger wird und allmählig mehr ein Übergewicht über die chemische Qualität der Nahrungsstoffe erhält; und wie endlich nach der Größe dieses Übergewichts der inneren Lebenskraft die materiellen Nahrungsstoffe völlig verarbeitet und zur eigenthümlich organischen Qualität umgeschaffen werden, so daß sie von ihren eigenen, den Pflanzen fremdartigen Eigenschaften nichts beibehalten.

Ich glaube den Ernährungsproceß der Pflanzen, so weit er von dem Boden, von seinen verschiedenen Bestandtheilen und von den durch die Einwirkungen des Wassers und der atmosphärischen Luft veranlaßten Beziehungen abhängig ist, nach allen Erscheinungen und Verhältnissen betrachtet, seine wesentlichsten Gesichtspunkte gewürdigt und dabei den Verkehr, in welchem die Vegetation mit den organischen und unorganischen Bestandtheilen des Bodens und mit jenem Einflusse des Wassers und der Luft steht, genau bezeichnet und dargethan zu haben, daß die Existenz der organischen Geschöpfe theils auf ihrer Lebensthätigkeit, theils auf der Wechselwirkung der verschiedenen Organe unter sich beruht.

Der aufmerksame Leser wird mit mir die Überzeugung gewonnen haben, daß für alle Nahrungsstoffe, welche sich

*) Einen auf einer alten Mauer wachsenden Baum sah man seine Nahrung nicht mehr finden und eine Wurzel allmählig herunter-senden; während dessen blieb der Baum im Wachsen stehen, die Wurzel wurde größer und dicker, und gelangte nach mehreren Jahren bis zur Erde, worin sie sich wieder verästelte und dem Baume neue Nahrung und frischen Zuwachs verschaffte. Daß die Gegenwart der unorganischen Körper zur Erzeugung organischer Theile wesentlich nothwendig ist, und daß man den atmosphärischen Staub nicht ganz umgehen darf, obgleich er, wie obiges Beispiel zeigt, nicht hinreicht, die Pflanzen mit den nothwendigen unorganischen Stoffen zu versetzen, geht aus allen Deduktionen einleuchtend hervor.

Digitized by Google

aus dem Boden entwickeln, und namentlich im Anfange des Frühlinges, bevor noch grüne Theile der ausdauernden Pflanzen gebildet sind, aus ihm in die Pflanzen übergehen, sie mögen eine materielle oder gasförmige Beschaffenheit haben, stets der eigentlich galvanische Proceß zwischen mineralischen und organischen Stoffen, Wasser und atmosphärischem Sauerstoffe die Entwickelung bedingt, jeder Pflanze außerhalb ihres Habitus Nahrungssaft bereiten und ihr bald mittelbar, bald unmittelbar zuführen hilft.

Die sämmtlichen Erörterungen dürften die Wahrheit nicht unerwiesen lassen, daß man die Stoffentwickelungen in den Gewächsen nicht einseitig nach den Gesetzen rein chemischer Thätigkeiten, sondern als solche Wirkungen anzusehen habe, welche aus der organischen Verarbeitung selbst hervorgehen; und daß man bei diesen Untersuchungen von dem Satze ausgehen müsse:

„die chemische Qualität dieser Stoffe werde darum ver„nichtet, um in ihnen die organische Regsamkeit hervor„treten zu lassen."

Der Erfolg dieser Veränderungen, welche besonders durch die Annahme mancher Chemiker, daß Alkalien und Erden, mineralische und andere Säuren nicht als solche, sondern in elementaren Verbindungen in den Pflanzen enthalten seyn dürften, wornach alsdann der Sauerstoff der Alkalien, Erden, Metalloxyde und Säuren u. s. w. hinreichend seyn würde, zur Bildung der organischen Substanzen das Meiste beizutragen, wie mir höchst wahrscheinlich ist, giebt sich nach meiner Ansicht, welche ich über den ganzen Ernährungsproceß, das Wachsthum und die innere Entwickelung der Pflanzen gewonnen habe, in zweifacher Gestalt zu erkennen: in einer Oxydation und in einer Desoxydation der Nahrungsstoffe überhaupt. Die Einsaugung und Oxydation geschieht gemäß der bisherigen Darstellungen vorzugsweise durch die Wurzeln in dem Boden; die Ausdünstung und Desoxydation aber durch die Blätter in der atmosphärischen Luft, welche in der nächsten Abtheilung untersucht wird.

Digitized by Google

II. Abtheilung.

Die Atmosphäre und ihre Einwirkungen auf die Ernährung der Pflanzen.

I.

Einfluß der atmosphärischen Luft überhaupt und der materiellen Stoffe im Besonderen.

Will man die Ernährungsbeziehungen, welche sich für die Pflanzen aus der atmosphärischen Luft ergeben, nach ihrem ganzen Umfange entwickeln und die eigentlichen Ausdunstungs- und Desoxydations-Verhältnisse der Nahrungsstoffe gehörig würdigen, so muß man dieselben unter Bezug auf die theils mittelbaren, theils unmittelbaren Einwirkungen der Atmosphäre, im Allgemeinen nach einem dreifachen Gesichtspunkte betrachten; denn sie trägt zur Ernährung der Pflanzen bei:

1) durch die in ihr aufgelösten, gleichsam verflüssigten materiellen Stoffe;
2) durch die in ihr vorkommenden gasförmigen Substanzen und endlich
3) durch die mit ihr innigst verbundenen unwägbaren, gleichsam dynamischen, Wesen, das Licht, die Wärme, Elektricität und den Magnetismus.

Wenn gleich die Vegetation durch die Stoffentwickelung aus dem Boden wesentlich bedingt wird, so hängt sie doch hinsichtlich ihrer Quantität und Qualität von der atmosphärischen

Digitized by Google

Luft eben so stark ab, ja ich glaube, daß diese die Qualität der vegetabilischen Produkte vorzugsweise bestimmt. Die klimatischen Verhältnisse tragen hierzu das Meiste bei, wie sich aus der Thatsache ergiebt, daß Leben und Gedeihen derselben mehr als jedes andere organische Wesen von den äusseren Umgebungen und Einflüssen abhängt; indem derselbe Boden, welcher in hoher nördlicher Breite entweder nur höchst kümmerlich wachsende oder gar keine Pflanzen fortbringt, in den mittleren Breitegraden edle Gewächse z. B. die verschiedenen Getraidearten, den Weinstock, die Palmen und andere zu höchst üppigem Wuchse bringt. Der Wechsel der Lufttemperatur regt in den verschiedenen Jahreszeiten die Vegetation bald auf und belebt sie, bald verhindert er sie und bringt sie zum Stillstande; auf ihm beruht die Periodicität des Gesammt-Pflanzenlebens.

Obgleich die atmosphärische Luft im Allgemeinen aus den vier gasförmigen Körpern, dem Sauerstoffe, Stickstoffe, Kohlenstoffe und Wasserstoffe besteht, so geht doch aus allen hierauf sich beziehenden Erscheinungen deutlich hervor, daß man die materiellen, scheinbar zufälligen Substanzen von diesen in gasförmigem Zustande vorhandenen unterscheiden muß. Der Luftkreis ist als eine große Werkstätte zu betrachten, in welcher die Natur unermeßlich viele Auflösungen, Verarbeitungen und Verbindungen hervorbringt, und aus welcher für die vegetabilischen Produkte durch den Thau und Regen unberechenbare Vortheile erwachsen. In ihr werden alle gas- und dampfartig-ausgedehnten und verflüchtigten Produkte und Edukte der erdartigen Körper aufgenommen, vermengt und wieder abgesondert. Sie besteht demnach aus einem wahren Chaos von mineralischen, vegetabilischen und thierischen Substanzen, welche in Dunstform vorhanden sind und mit den im ganzen Weltraume verbreiteten, demselben wahrscheinlich angehörigen Potenzen, dem Lichte, der Wärme, der Elektricität und dem Magnetismus, imprägnirt unaufhörlich hin- und herbewegt werden.

Digitized by Google

Um sich von den in der Luft enthaltenen materiellen Substanzen vollkommen zu überzeugen, darf man nur die zahllosen Verbrennungs- und Verflüchtigungsprocesse der festen Körper, z. B. des Holzes und der Mineralien berücksichtigen. Ich halte es für hinreichend, unter den mancherlei Versuchen und Berechnungen, welche man für die Ermittelung dieser Verhältnisse angestellt hat, aus Gilbert's Annalen diejenigen mitzutheilen, welche van Rheden bei den Klausthaler Gruben vorgenommen hat. Zu diesen wurden nämlich gemäß einer ungefähren Berechnung jährlich 50,000 Zentner Brennholz; 120,000 Zentner Kohlen und 124,000 Zentner Schlich, also überhaupt 294,000 Zentner feste Masse geliefert. An Silber, Kupfer, Blei, Glätte und Schlacken blieben in einem Jahre nach beendigter Arbeit im Allgemeinen nur noch 79,200 Zentner übrig; mithin gingen 214,800 Zentner mittelst Dampfgestalt in die atmosphärische Luft über.

An Holz und Kohlen wurden zufolge dieser Angabe 170,000 Zentner verbraucht, wovon der zurückgebliebene Betrag durch van Rheden im Durchschnitte auf 1000 Zentner geschätzt wird. Vergleicht man jene Beiträge und diese Rückstände mit einander, so findet man, daß aus den brennbaren Stoffen 169,000 Zentner und aus den mineralischen verflüchtigten beiläufig 45,800 Zentner von materiellen Substanzen vermittelst der Dampfgestalt in die Atmosphäre übergegangen sind. Unter diesen letzteren waren nach de Luc's Untersuchungen, Eisen, Blei, Zink, Schwefel, Arsenik, Wasser und wahrscheinlich viele andere nach dem jetzigen Standpunkte der Physik und Chemie noch nicht bekannt gewordene Substanzen.

Bezieht man diese Vergleichungen auf die vielen Gruben ähnlicher Art, auf die unermeßliche Menge von Verbrennungsprocessen und Holzverkohlungen und überhaupt auf alle Fälle, in welchen feste Körper in Dampfgestalt zur atmosphärischen Luft überzugehen genöthigt sind, so erhält man hinreichende Beweise für die Wahrheit, daß in jener eine große Menge

Digitized by Google

von materiellen Subſtanzen vorkömmt, wie auch der ſogenannte Sonnenſtaub, wovon ſpäter geſprochen wird, beweiſet, welche vermittelſt des Regens, Thaues, Schnees und anderer meteoriſcher Niederſchläge zu dem Boden und den Pflanzen gelangen. Auf dieſem einfachen Wege erkennt man alſo, wie es der Luft möglich wird, auf die Ernährung der Gewächſe in materieller Beziehung vortheilhaft einzuwirken.

In noch weit günſtigerem Verhältniſſe wirkt ſie durch ihre gasförmigen Subſtanzen, wozu man den einfachſten Beleg in dem Ergebniſſe der Verſuche van Helmonts findet. Nach ihm übertraf das Gewicht von getrockneten Pflanzen den Gewichtsverluſt, welchen die Erde, worauf jener Naturforſcher eine Weide vegetiren ließ, erlitten hatte, bei Weitem; dieſe hatte nämlich nach fünf Jahren um 164 Pfunde zugenommen, die Erde aber nur zwei Pfunde verloren. Der Kohlenſtoff der Erdarten, beſonders des Humus, konnte für ſich allein dieſe Gewichtszunahme eben ſo wenig, als das Waſſer, bewirkt haben; die Pflanze mußte ſich alſo aus der Atmoſphäre mit den erforderlichen Nahrungsſtoffen, namentlich mit dem Kohlenſtoffe, verſorgt haben.

Wenn man die eben ſo intereſſante als belehrende und für die wirkliche Einwirkung der atmoſphäriſchen Nahrungsverhältniſſe im Beſonderen ſprechende Thatſache berückſichtigt, wornach manche Pflanzen, z. B. Agave, Aloe, Cacalia, Cactus und andere in dürren Felſenritzen leben und treiben, während freilich alle umherſtehenden in Folge der Einwirkung der brennenden Sonnenhitze ihre Blätter verlieren, jene aber in vollem Safte ſtehen; wornach die Wurzeln anderer Pflanzen über trockene Laven dahinlaufen, in ihre Ritze hineinkriechen und ſelbſt Bäume bedeutend groß werden, ſo wird man nicht läugnen können, daß die Pflanzen aus ſolchem Boden nur ſehr wenig Nahrung erhalten können, ſich alſo auf einem anderen Wege damit verſehen müſſen; dieſen kann nur die atmoſphäriſche Luft darbieten.

Wenn man Berghöhen, auf welchen der Humus einen

Digitized by Google

kaum bemerkbaren Bestandtheil des Bodens ausmacht, mit Bäumen bewachsen, und diese auf kahlen Granitfelsen, wo die Wurzeln kaum Spuren von Erden finden, sondern in Felsenritzen eingeklemmt, höchstens mit Moos bedeckt sind, gut vegetiren sieht, so wird man gewiß nicht versucht, dem Boden allein oder vorzugsweise die Ursache des Wachsthumes solcher Bäume zuzuschreiben, obgleich die Natur vermittelst der schwammigen Beschaffenheit des Mooses und der flach auslaufenden Wurzeln, welche durch jenes gegen Kälte und Hitze geschützt werden, gesorgt zu haben scheint, daß sie durch die Anziehungskraft des Mooses aus den atmosphärischen Dünsten Nahrungsstoffe erhalten *). Man darf nicht zweifeln, daß solchen Bäumen, welche auf jenen kahlen Granitfelsen wachsen, und doch ergiebigen Holzwuchs liefern, oder welche in heißen Tropenländern an solchen Gegenden vegetiren, wo in der heißesten Sommerzeit vom Mai anfangend das Erdreich vor Dürre aufreißt, und demnach Alles verschmachten müßte, wenn nicht Morgens und Abends starker Thau fiele, die Krone statt der Wurzel dient und dieselbe durch die sogenannten Sauggefäße aus der Luft vermittelst der Blätter die Nahrungsstoffe aufnehmen würde, welche zu einer anderen Jahreszeit der durchnäßten Erde vermöge der Verdunstungsprocesse entzogen wird, aus der Luft Nahrungsstoffe zukommen.

Beachtet man ferner die merkwürdigen Erscheinungen,

*) Das Moos scheint an solchen Berghöhen für die Waldvegetation auf doppelte Weise günstig zu wirken, indem es eines Theils auf mechanische Weise gegen Hitze und Kälte die Baumwurzeln schützt, anderen Theils vermittelst hygroskopischer Anziehung auf chemische Weise die atmosphärischen Nahrungsstoffe den Pflanzen zuführt. Hieraus geht hervor, mit welcher Vorsicht der Forstmann bei solchen Stellen dem Walddoden die Moosdecke zu erhalten suchen muß. Die ihres Mooses beraubten Stellen können oft nach mehrmaliger Besamung nicht mehr in Bestand gesetzt werden, wenn sie vorher auch vorzügliches Bauholz lieferten.

Digitized by Google

gemäß welcher die Pflanzen fortwachsen und selbst fröhlich gedeihen, wenn sie auch nur mit einer feuchten Atmosphäre umgeben sind, so ersieht man wiederholt, daß der Einfluß der Luft auf die Ernährung der Gewächse eben so wichtig, in vielen Beziehungen noch wichtiger als der des Bodens ist. Blätter und Stengel sind die hierbei vorzüglich thätigen Werkzeuge und zugleich die Wege, durch welche die Pflanzen die atmosphärischen Nahrungsstoffe aufnehmen. Man will dieses jedoch nur als wahrscheinlich gelten lassen, obgleich man als erwiesen annimmt, daß die Blätter Wasser einsaugen, wozu die untere Fläche bestimmt zu seyn scheint, wie Bonnet's Versuch erweiset: dieser legte nämlich in einer Schale die obere Fläche eines weißen Maulbeerbaumblattes auf Wasser, und fand, daß es sich kaum 6 Tage frisch erhielt, während die mit ihrer unteren Fläche auf das Wasser gelegten Blätter desselben Baumes sich beinahe 6 Monate frisch erhielten. Da nun das meteorische Wasser stets mit materiellen Substanzen geschwängert ist, so gehen diese mit jenem in die Gefäße als dampfförmig verflüssigte Stoffe über und tragen zur Ernährung bei.

Während der heißen Jahreszeit werden oft viele Pflanzen durch den Einfluß der Sonnenhitze ganz zusammengedrückt; sie sinken nieder, scheinen welk zu seyn, und werden alsdann durch den nächtlichen Thau in Folge der durch ihre Blätter eingesogenen Feuchtigkeit und der hierdurch erhaltenen Nahrungsstoffe wieder aufgerichtet. Da die atmosphärische Feuchtigkeit das Bild ganzer Länder verändert, z. B. den Unterschied zwischen den amerikanischen Savanen und den sandigen Wüsten erzeugt, so ist sie nach einem den Wachsthums-Verhältnissen entsprechenden Wärmegrade eine nothwendige Bedingung der vegetabilischen Produkte. Jene erzeugen aber entweder Regen und Thau oder den Wasserdampf; den größten Theil derselben veranlaßt die Menge des fallenden Regens, welcher bei einem entsprechenden Grade der Wärme den größten Einfluß auf die Vegetation ausübt. Dieser und

Digitized by Google

der Thau nehmen die in der Luft in verflüssigtem oder dunstförmigem Zustande vorhandenen Substanzen auf, binden sie chemisch in sich, und führen sie den Pflanzen zu, woraus folgt, daß die Pflanzen nicht allein aus dem Boden, sondern auch aus der Luft mit materiellen Nahrungsstoffen versehen werden.

Wie wichtig der Humus für die Ernährung der Gewächse ist, wurde in der 1sten Abtheilung gezeigt. Bedenkt man aber, welche große Massen von vegetabilischen Produkten ein humusreicher Boden hervorbringt, und vergleicht dieselben mit der im Boden befindlichen Quantität von humosen Theilen, so wird man nicht beweisen können, daß diese Humustheile die alleinige Ursache üppiger Vegetationen sind. Ist man hiervon überzeugt, so erkennt man zugleich die Nothwendigkeit anderer Nahrungsquellen, aus denen die Gewächse schöpfen und durch welche sie zur vollkommenen Entwicklung gebracht werden. Jene Quellen bietet die atmosphärische Luft dar.

Der Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffes ist allgemein bekannt, und jedermann kennt z. B. die wichtige Thatsache, daß die grünen Pflanzentheile während der Nacht eine nach der Pflanzengattung veränderliche Menge Sauerstoff absorbiren und alsdann eine gewisse Menge von Sauerstoffgas aushauchen, wenn man sie im Quellwasser dem Sonnenlichte aussetzt. Diese Verhältnisse werden später näher entwickelt und sind eben so interessant als instruktiv, weil man aus ihnen theilweise erklären kann, welche Abänderung z. B. die herbstliche Färbung der Blätter in dieser Erscheinung hervorbringe, und weil sie zeigen, daß die bereits gefärbten Blätter im Sonnenlichte kein Sauerstoffgas entwickeln.

Die als Reizmittel wirkenden dynamischen Wesen der atmosphärischen Luft, das Licht, die Wärme und Elektricität (unfehlbar auch der Magnetismus) tragen zu diesem atmosphärischen Einflusse mehr bei, als man bei blos oberflächlicher Betrachtung vermuthen sollte. Licht und Wärme spielen bei den vegetabilischen Produkten die wichtigste Rolle, zeigen

Digitized by Google

ſich bei den ihrer Einwirkung ausgeſetzten Körpern oxydirend und desoxydirend, ſtimmen auch in vielen anderen Beziehungen mit einander überein und werden darum von manchen Naturforſchern für Modifikationen einer und derſelben Materie, von andern für ſolche einer und derſelben Kraft angeſehen. Hinſichtlich der Elektricität hat man wegen der Frage, ob ſie vortheilhaft auf das Wachsthum der Pflanzen einwirke, durch Verſuche und Beobachtungen gefunden, daß einzelne elektriſirte Zweige von Bäumen weit eher Blätter trieben, als unelektriſirte, und daß alsdann, wenn man auf die Wurzeln mancher Pflanzen einen mäßigen Elektricitätsgrad einwirken ließ, dieſe innerhalb weniger Stunden eine ſolche Größe erreichten, welche andere ohne beſonderen Einfluß der Elektricität erſt nach mehreren Tagen erlangten. Die elektriſchen Erſcheinungen bei Gewittern, welche hinſichtlich der Häufigkeit ihrer Bildung in gleichem Verhältniſſe mit der Vegetation ſtehen, liefern uns für jenen Einfluß Beweiſe im Großen.

Wie einflußreich die mittelbaren Wirkungen der atmoſphäriſchen Luft, nämlich durch die in ihr enthaltenen Stoffe, Sauerſtoff, Stickſtoff und Kohlenſäure auf die Ernährung der Gewächſe ſind, erkennt man an den Erſcheinungen des Brunnenwaſſers. Wird daſſelbe einige Zeit der Luft ausgeſetzt, ſo wird ſeine pflanzennährende Kraft weſentlich erhöhet, und daſſelbe zum Begießen der Gewächſe viel tauglicher; es abſorbirt den Stickſtoff und Sauerſtoff, verdichtet dieſelben in gasförmiger Geſtalt in ſich, und wird dadurch reicher an Nahrungsſtoffen.

Das Waſſer iſt nun freilich in der atmoſphäriſchen Luft meiſtens nur in Dunſtgeſtalt vorhanden; allein während es ſich als Thau und Regen in tropfbarer Geſtalt niederſchlägt, nimmt es den Stickſtoff, Sauerſtoff und die Kohlenſäure der Luft in ſich auf und führt ſie zu den Stengeln und Blättern der Pflanzen, welche ſie mit jenem in das Innere derſelben einführen. Es ſpielt daher für die atmoſphäriſchen Nahrungsverhältniſſe eine eben ſo wichtige Rolle, als für die im Boden.

Digitized by Google

Manche Pflanzen enthalten bekanntlich stickstoffhaltige Körper, obgleich sie auf einem Boden wuchsen, welcher sie ihnen durchaus nicht dargeboten haben konnte.

Aus diesen Bemerkungen darf man zuversichtlich folgern, daß die atmosphärische Luft nach dem früher bezeichneten dreifachen Gesichtspunkte durch unmittelbare und mittelbare Einwirkung zur Ernährung der Gewächse wesentlich beiträgt. Jeden Gesichtspunkt für sich allein, unabhängig von dem andern betrachten zu wollen, möchte wohl nicht gelingen und das Streben darnach eine vergebene Arbeit seyn: denn Luft, Wasser und Erde mit den dynamischen Wesen Licht, Wärme, Elektricität und Magnetismus stehen in so innigen Wechselwirkungsverhältnissen, daß es unmöglich ist, jedes Element unabhängig zu betrachten. Dieses wird man um so weniger vermögen, als durch den Einfluß derselben nicht einmal das Verhältniß, in welchem die Luft gewöhnlich erscheint, geändert wird; denn sie ist überall, sowohl in sehr großen Höhen als nahe am Boden, im Sommer wie im Winter, in dem Verhältnisse von 0,79 Theilen Stickstoff, 0,21 oder etwas mehr oder weniger Sauerstoff nebst Kohlensäure und Wasserstoff zusammengesetzt. Für das Licht, die Wärme und Elektricität (die Beziehungen des Magnetismus zu den vegetabilischen Produkten sind noch gar nicht untersucht, und selbst für die Elektricität hat die Wissenschaft noch vieles zu thun) lassen sich wohl die Momente leichter herausheben, unter welchen jedes Wesen auf den Ernährungsproceß einwirkt und das Wachsthum der Pflanzen befördert; allein die Einwirkungen und Reizungen der Lebensthätigkeit der Organe verzweigen sich außerordentlich.

Versuche und Beobachtungen bestätigen im Allgemeinen die Wahrheit, daß die atmosphärische Luft durch die Einwirkung der Pflanzen zersetzt wird. Dieses hat schon Ingenhouß *)

*) Experiences sur le Veget. p. 182 bis 185 und Ernährung der Gewächse S. 59.

Digitized by Google

weitläufig dargethan, und dabei im Besonderen gezeigt, wie gerade diese ununterbrochene Luftzersetzung auf die Ernährung und Erhaltung der Gewächse einwirkt, wie dadurch die verschiedenen Säfte in Kleber, Stärke, Eiweiß und andere Pflanzenbestandtheile verwandelt werden, und sich die Pflanzen vermittelst ihrer Blätter eine Hauptnahrungsquelle gleichsam selbstthätig eröffnen. Die Blätter sind hier das, was die Wurzeln für die Bodennahrung sind. Sie ziehen nebst der Feuchtigkeit den Sauerstoff an, welcher sich mit dem in ihnen enthaltenen Kohlenstoffe verbindet, und so eine Menge von kohlensaurer Luft bildet, deren Volumen dem des aufgenommenen Sauerstoffes fast ganz gleichkömmt.

Da die Blätter, als Luftwurzeln, den Pflanzen Nahrungsstoffe zuführen, so müssen sie eine solche Beschaffenheit haben, vermittelst welcher sie dieses vermögen. Wollte man diese Sache weitläufig und nach seinem Wesen behandeln, so müßte man sich in anatomisch-physiologische Untersuchungen einlassen, welche aber von dem Hauptgegenstande, d. h. von den Erörterungen der atmosphärischen Nahrungsverhältnisse, zu weit abführen würden. Auch ist sie noch lange nicht in dem Grade untersucht, daß sich daraus viele besondere wichtige Schlüsse ableiten ließen. Mit Übergehung derselben verweise ich auf die hierauf sich beziehenden Schriften *). Da überhaupt auf

*) Schon im Jahre 1796 hat vorzüglich Schrank „Sammlung naturhistorischer Aufsätze" Seite 147 und „die Nebengefäße der Pflanzen" Seite 92 bemerkt, daß die eiförmigen und warzenartigen Erhebungen auf dem Oberhäutchen der Blätter zur Einsaugung von atmosphärischer Feuchtigkeit bestimmt sind. Die Versuche, welche von Humboldt über die luftförmige Exspiration der Oberhäutchen aller Pflanzen angestellt und die Resultate im 2ten Bande seiner Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser bekannt gemacht hat, scheinen übrigens zu beweisen, daß die gasförmige Exspiration der Pflanzen aus Öffnungen kömmt, die noch eben so verborgen und unbekannt sind, als manche Gefäßmündungen im menschlichen und thierischen Körper.

Digitized by Google

dem Oberhäutchen, besonders auf dem unteren der haarlosen Blätter bei fast allen Vegetabilien das Mikroskop sogenannte Spaltgefäße zeigt, so darf man auch annehmen, daß dieselben höchst wahrscheinlich diejenigen Wege sind, auf welchen die Pflanzen mit der atmosphärischen Luft alle materiellen und gasförmigen Substanzen einsaugen.

Über diese höchst wichtige Sache hat unter anderen Naturforschern besonders v. Humboldt sehr interessante und lehrreiche Untersuchungen angestellt, aus denen sich für die folgenden Erörterungen im Allgemeinen ergiebt, daß Pflanzen, welche im Finstern erzogen werden und deren Einsaugungs- und Ausdunstungsgeschäft hierdurch gestört wurde, in der sogenannten Bleichsucht zwar zusammenschrumpften und kleine, unausgebildete Spaltgefäße zeigten, daß aber dieselben in solchen vegetabilischen Theilen, welche gar keine Luft aushauchen, vollkommen ausgebildet wurden. Besonders erkennt man an den fetten und fleischartigen Gewächsen solcher Gegenden, in welchen es während des größten Theiles des Jahres gar nicht regnet, wie sie vermittelst jener Erhebungen des Oberhäutchens der Blätter gegen das gänzliche Austrocknen und endliche Verdorren geschützt werden. Unter Andern erzählt Hasselquist *), daß bei Cairo und in der Gegend von Assuan alte Sycomoren-Stämme angetroffen würden, welche in ihrem langen sechshundertjährigen Leben vielleicht

---

Es sey dem übrigens, wie ihm wolle, die Organe mögen so oder anders beschaffen seyn; der Einfluß der Luft mit allen ihren materiellen, gasförmigen und dynamischen Elementen ist durch zu viele Thatsachen bewiesen, als daß man daran zweifeln sollte. Hat man ja die Blätter öfters mit den thierischen Lungen verglichen, obgleich in ihren Lebensfunktionen Respiration und Nutrition ein gleichbedeutender Ausdruck ist. Von der Luft müssen in die Pflanzen theils Nahrungsstoffe übergehen, theils Reizmittel dargeboten werden, welche das Wachsthum der Pflanzen befördern.

*) Reise nach Palästina. Rostock 1762. Seite 264.

Digitized by Google

keine sechs Unzen Regenwasser zu ihrer Nahrung erhalten haben möchten; daß aber durch die Ausdünstungen des Meeres sie Morgens und Abends mit starkem Thaue bedeckt und dadurch erhalten würden.

Bei diesem wichtigen Einflusse der atmosphärischen Luft auf die Ernährung und Unterhaltung der Gewächse, konnte es nicht anders kommen, als daß man die Wachsthums-Beförderung derselben ihr allein zuschrieb, und behauptete, der Boden diene ihnen blos zum Standorte, brauche aber keine Nahrungsstoffe an sie abzugeben, wie unter anderen Naturforschern Crelle und Braconnot darthun wollten. Sehr viel mochten hierzu die Versuche, nach welchen man verschiedene Pflanzen in destillirtem Wasser wachsen sah, welche, ohne mit dem Boden nur im Geringsten in Berührung zu stehen, bei ihren Analysen mineralische Stoffe z. B. Eisen und Erdarten lieferten, beigetragen haben. Diese Ergebnisse mußten um so größeres Gewicht erhalten, als die Pflanzen während ihres Wachsthumes an ihrem naturgemäßen Standorte eben diese Stoffe wirklich in sich aufnehmen.

Über dieses Vorkommen solcher Stoffe in den Pflanzen unter solchen Verhältnissen läßt sich nur noch eine Erklärungsweise angeben, nämlich ein Vorhanden-gewesen-seyn in den Samenkörnern selbst, aus deren Keim sie sich entwickelten. Diese Annahme scheint aber der Natur der Sache zu widersprechen, und beruht auf keinem zureichenden Grunde. Dadurch daß man Samen ähnlicher Art analysirte und diese Körper in ihnen nicht fand, hat man die Präexistenz derselben als grundlos und die Aufnahme aus der atmosphärischen Luft als zuverlässig dargethan. Zu jener Ansicht mag auch noch die interessante Erscheinung beigetragen haben, daß man in Indien an der Decke des Zimmers eine gewisse Pflanze Jahre hindurch vegetiren sieht, und dieselbe die Zimmer mit Wohlgerüchen anfüllt, ohne zu verdorren. Ähnliche Beispiele von fast alleiniger Ernährung der Gewächse durch die Luft

Digitized by Google

findet man häufig; sie werden hier nur in so fern wichtig, als sie den Einfluß letzterer beweisen.

Hätte man übrigens auch solche Belege nicht, so würde man an den vegetabilischen Waldprodukten Beweisgründe für den Beitrag der Luft zu jener genug erhalten. Vergleicht man nämlich die große Holzmasse, welche der Boden eines wohlbestellten Hochwaldes bei seinem Abtriebe darbietet, mit den Kräften der mineralischen Bestandtheile desselben z. B. mit den Kalktheilen und anderen, welche zu dem Wachsthume der Pflanzen sehr viel beitragen, so kann man aus den sich ergebenden Verhältnissen nicht überzeugt werden, daß sie für sich allein jene Holzmassen hervorbringen konnten. Der Waldboden enthält zwar in seinem Humus, in der sich entwickelnden Humussäure und der aus der Verwesung der jährlichen Laub-, Nadel- und Holzabfälle sich ergebenden Kohlensäure für die Pflanzen eine unversiegbare Nahrungsquelle, und hierdurch die meisten Bedingungen, vermöge welcher alle Holzarten zu fast gleichen Theilen Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt sind; allein man kann es nicht für wahrscheinlich halten, daß alle Bodennahrungsbeziehungen für sich allein solche Größen hervorbringen, sondern man muß dem Einflusse der atmosphärischen Luft einen großen Antheil zuschreiben.

Bringt man z. B. bei der Anpflanzung eines Hochwaldes alle mineralischen und organischen Kräfte, welche ernährend auf die Gewächse einwirken, in Rechnung und zieht zwischen der jährlichen Zunahme der Pflanzen und ihren Abfällen eine Parallele, so erscheint es als mathematisch gewiß, daß die Bodennahrung nicht allein die Holzmassen zu erzeugen vermag. Würde man annehmen, die Waldbäume z. B. Buchen, Eichen, Fichten, Tannen u. s. w. ernährten sich blos von den vorhandenen und durch Verwesung des Laubes, der Nadeln, des Mooses und anderer vegetabilischen Überreste entstandenen Humustheilen, so könnten sie höchstens so viel und auch etwas mehr Nahrung erhalten, welche hinreichte, solche Abfälle auf's

Digitized by Google

Neue zu ersetzen: sie ersetzen sich aber nicht allein, sondern die Bäume erhalten noch jährlichen Holzzuwachs. Setzt man bei diesem Vergleiche auch noch voraus, sämmtliche zur Verwesung dienlichen Überreste würden weder vom Winde entführt, noch vom Wasser weggeschwemmt, noch durch das Streurechen gewaltsam entfernt, so reichen sie mit den mineralischen Stoffen doch nicht hin, jene großartigen Erscheinungen erklären zu helfen: nur durch Beihülfe der atmosphärischen Einflüsse lassen sich jene vollkommen erklären.

Da nun die verwesenden Überreste den Waldpflanzen höchstens so viel zurückgeben können, als zur Hervorbringung neuer Blätter, Zweige und Äste erfordert wird, so bliebe für den Stamm wenig oder gar nichts übrig: allein dieser nimmt wie alle übrigen Pflanzentheile, bis zu einem gewissen Zeitpunkte immer mehr zu, wie der nachhaltige Holzertrag beweiset; mithin müssen Stämme und Äste in dem Boden außer jenen Humustheilen, welche die Erzeugung von Laub und Zweigen bedingen, so viel mineralische und organische Kraft finden, als sie nebst Ausbildung ihrer Wurzeln zum Wachsthume verbrauchen, und als endlich beim Abtriebe die Wurzeln, Stämme und Äste zusammen betragen. In gar vielen Bodengemengen finden aber die Pflanzen diese Stoffe nicht, wie die oben berührten auf kahlen Granitfelsen wachsenden beweisen, mithin hilft sie die Luft ernähren.

Vergleicht man aber diese abgehauenen Holzmassen mit der vorhandenen Humusmenge, so sind jene nicht allein bedeutend größer, sondern der Humus selbst besitzt für die etwa noch folgende Vegetation mehr pflanzennährende Kraft, als er anfangs gehabt haben mochte. Es ist nämlich bekannt, daß nach dem Holzabtriebe der für den Ackerbau oder für neue Anpflanzungen gewonnene Boden zu den fruchtbarsten Bodenarten gehört, also in ihm durch die Vegetation selbst das Vermögen, die Pflanzen zu üppigem Wuchse zu bestimmen, in hohem Grade vermehrt wurde. Da bei allen Verbrennungs- und Verwesungsprocessen sowohl das Gewicht

Digitized by Google

als auch das Volum der Theile, welche nach den Processen selbst noch übrig sind, von dem der Körper, welche jenen unterworfen wurden, abweichen und ihr Gewicht und Umfang viel verloren haben, so folgt, daß die aus den Überresten entstandenen humosen Theile die Pflanzen nicht ohne Mitwirkung der atmosphärischen Luft erzeugen können.

Versuche, Erfahrungen und Beobachtungen geben also in den Resultaten zu erkennen, daß die atmosphärische Luft nach ihrem ganzen Inhalte und Umfange, worunter Feuchtigkeit, Wärme, Licht, Elektricität und andere Elemente derselben zu verstehen sind, zur Ernährung der Gewächse in mehrfachen Beziehungen einen weit stärkeren Beitrag liefern, als der Boden, welcher alle zum Wachsthume erforderlichen Stoffe enthalten kann und doch nur kümmerliche Pflanzen hervorbringt, wenn ihnen die zu ihrer Entwickelung und Ausbildung nöthigen Grade von Wärme und Feuchtigkeit fehlen: denn je größer die Wärme und ein zureichender Feuchtigkeitsgrad sind; je länger und gleichförmiger beide andauern, desto mehr und vorzüglichere Gewächse und in desto größerer Menge werden diese gezogen. Beide Beziehungen bietet aber die atmosphärische Luft dar, mithin läßt sich die Behauptung der Naturforscher, als bedürfe die Vegetation des Bodens nicht, vielfach entschuldigen und ergeben sich die überzeugendsten Beweise von dem Einflusse der Luft auf den Ernährungsproceß.

Die merkwürdigste Erscheinung, welche sie vermittelst ihrer materiellen Stoffe im Großen darbietet, muß man mit Ausnahme der Meteorsteine und Steinregen in dem atmosphärischen Staube, dem sogenannten Sonnenstaube, suchen. Man findet die Ruinen alter Städte unter erdigem Schutte begraben, welches man von dem zu jeder Zeit aus dem Luftkreise fallenden unmerklichen Staube während vieler Jahrhunderte theilweise veranlaßt ansehen kann *). Die meisten

*) Aus den hierüber angestellten Untersuchungen erfährt man, daß

dieſer Staubtheilchen ſind ſehr klein und haben überhaupt keine ſo beſtimmte Geſtalt, ſind auch in der Regel ſehr weich und leicht, weswegen ſie in der Luft um ſo häufiger erſcheinen: ſie ſind elektriſch, weswegen ſie ſich an manche Körper leicht anhängen und bilden oft an ſolchen Stellen, wo ſie ſich anhäufen, einen in Säuren nicht aufbrauſenden Bodenſatz.

Dieſer Sonnenſtaub wird auf phyſiſch-chemiſchem Wege durch die Vereinigung der mit der Luft in gaſiger Gemeinſchaft ſtehenden Stoffe gebildet, woraus in Folge allmähliger Ablagerung jener erdige Bodenſatz entſteht, welcher unter ſeinen chemiſchen Beſtandtheilen Thonerde, Kalkerde, Kieſelerde und die Oxyde ſchwerer Metalle, d. h. für die Ernährung der Gewächſe ſehr vortheilhaft wirkende Stoffe enthält. Die Thonerde iſt ſtets vorwaltend und giebt mit den anderen Körpern zu erkennen, daß ſie auch in dem Sonnenſtaube enthalten ſind, oder daß ſehr feine Theilchen ſolcher Körper der Sonnenſtaub ſelbſt ſind. Dieſer liefert einen Beweis, daß die Luft materielle Stoffe enthält, welche meiſtens leichter als die Luft ſind, und vermöge ihrer großen Zartheit theils durch die Luftbewegungen, theils und vorzüglich durch Erwärmung des auffallenden Lichtes und Anſammlung der Elektricität in der Luft ſchwebend erhalten werden. Man hat übrigens den Erdſtaub, welcher mechaniſch entſteht, von dem phyſiſch-chemiſch entſtandenen eigentlichen Sonnenſtaube zu

---

der Sonnenſtaub, wenn er ruhig abgelagert iſt, durch erdige Niederſchläge jährlich eine Schichte von mehreren Linien bilden kann. Zu Segeſta auf Sicilien ſieht man auf dem Gipfel eines Berges an den Ruinen eines alten Tempels nicht nur deſſen Stufen, ſondern auch deſſen Säulen an ihren unteren Theilen überall mit feſtem Boden bedeckt, welcher ſich offenbar aus dem allmählig ſich niederſchlagenden Staube und den etwa in demſelben gewachſenen und wieder verweſten Flechten, Mooſen und Kräutern gebildet hat. Ähnliche Verſchüttungen trifft man faſt überall an, wie in Rafinesque's Gedanken über atmoſphäriſchen Staub dargeſtellt wird.

Digitized by Google

unterscheiden, welcher überall theils durch Meteorwasser, theils durch elektrische Anziehung, besonders fester Körper, zur Senkung und Ablagerung bestimmt wird.

Da nun in die Zusammensetzung der Meteorwasser im Allgemeinen, wie Beobachtungen und Erfahrungen jedem zeigen, Kalk, Talk, Kali, Eisen, Mangan, Salzsäure, Kohlensäure und organische Stoffe eingehen, so läßt sich einfach folgern, daß durch diesen Sonnenstaub den Pflanzen während seiner Ablagerung ebenfalls Nahrungsstoffe zukommen; weil er im Durchschnitte während hundert Jahren auf dem Boden oft Schichten von 6 bis 9 Zollen und mit der schon vorhandenen Erde nebst den organischen Überbleibseln jeder Art vermischt die gewöhnliche Dammerde bildet. Wenn man diesem fortwährend sich bildenden Meteore die Beschleunigung der mittelbaren Felsen-Verwitterung, Verbesserung des anzubauenden Bodens, Verarbeitung der angeschwemmten anorganischen und der angehäuften organischen Stoffe, die Fruchtbarmachung sandiger und unfruchtbarer Steppen, freilich erst im Laufe der Zeit, und manche andere nützliche Beziehungen zuschreibt, so darf man auch annehmen, daß es das Pflanzenleben befördert und zur Ernährung der Gewächse beiträgt.

Berücksichtigt man blos die Bestandtheile dieses Staubes und die in der Luft vorhandenen wässerigen Meteore, so findet man in ihnen den einfachsten Beweis für diese Wahrheit. Man kann nicht läugnen, daß, da in der Luft alle zu elektrochemischen Processen erforderlichen Bedingungen, hinsichtlich der materiellen Substanzen, freilich in viel geringerem Grade als im Boden, vorhanden sind, ähnliche Zersetzungen und Stoffverarbeitungen vor sich gehen, wodurch den Pflanzen Nahrungsstoffe bereitet werden, als in dem Boden. Würde man hier im Besonderen die wässerigen Meteore hinsichtlich ihrer Entstehung, Zusammensetzung, ihrer chemischen und physischen Bestandtheile näher betrachten, so würde man aus den in diese Zusammensetzung eingehenden Körpern für die Ernährung der Gewächse viele Vortheile ableiten können, welche

Digitized by Google

die aus dem Boden ſich ergebenden mehrfach übertreffen würden: Alles, was in der 1ten Abtheilung von der pflanzennährenden Kraft des Kalkes, Talkes, Kali's, Eiſens, Mangans, der Kohlenſäure und anderer organiſchen Stoffe geſagt wurde, darf man in verkleinertem Maaßſtabe hierher beziehen. Sämmtliche Verbindungen werden vorzüglich durch die Salzſäure *) eingeleitet, welche auf die Pflanzenorganismen reizend einwirkt.

Für die Erörterung der atmoſphäriſchen Nahrungsverhältniſſe müſſen die wäſſerigen, vorzüglich flüſſigen, entweder in Dunſt- oder Dampf- oder Thau- oder Regenform vorhandenen Meteore um ſo einflußreicher werden, als von den Blättern der Gewächſe vermittelſt ihrer eigenthümlichen zum Einſaugen beſtimmten Gefäße während des Regens und Thaues in der Nacht eine große Menge Waſſer verſchluckt wird. Nun ſind in dieſem jene mineraliſchen Theile in aufgelöſtem oder ſehr fein zertheiltem Zuſtande vorhanden, mithin erhält man volle Gewißheit, daß ſie die Pflanzen zugleich mit den gasförmigen Nahrungselementen aufnehmen, und ihr Wachsthum durch ſie befördert wird. Man hat daher den Einfluß der wäſſerigen Niederſchläge, des Regens und Thaues auf die Vegetation nicht allein dem Waſſer als Befeuchtungsmittel, ſondern zugleich den in ihm enthaltenen materiellen und gasförmigen Subſtanzen zuzuſchreiben.

II.

Einfluß der gasförmigen Subſtanzen auf die Ernährung der Gewächſe.

Die in der atmoſphäriſchen Luft enthaltenen aus Sauerſtoff, Stickſtoff, Kohlenſtoff und Waſſerſtoff entſtehenden gasförmigen Elemente ſpielen für die Ernährung der Gewächſe eine der wichtigſten Rollen, wie in Bezug auf den Boden im

*) Denn nach Vogels Erfahrungen bleiben überall, wo ſalzſaure Salze enthaltendes Waſſer verdunſtet, Salztheile in den Dampfen übrig; letztere trifft man daher überall in der Luft an.

Digitized by Google

10ten und 11ten Abschnitte der 1ten Abtheilung nachgewiesen wurde. Auf jene Darstellungen mich beziehend, betrachte ich hier ihre Einwirkungen unter besonderem Bezuge auf die Blätter, und halte sie für um so wichtiger, als sie, obgleich sie sich in ihrer ersten Bestimmung als Stoffbeziehungen darstellen, nur unter gasförmiger Gestalt zur Ernährung der Gewächse wesentlich und unmittelbar beitragen.

Fast der größte Theil der Gewächse, namentlich die Acker- und Waldpflanzen, ziehen ihre Nahrung offenbar sowohl aus dem Boden als aus der atmosphärischen Luft. Unter der vereinigten Einwirkung beider Medien wird ihnen die erforderliche Nahrung bereitet. Doch walten bei den Erscheinungen der Ernährung und des hierdurch bedingten Wachsthumes der Pflanzen Verschiedenheiten ob, wornach manche Pflanzen mehr Nahrung aus dem Boden, manche andere mehr aus der Luft schöpfen; die gasförmigen Nahrungsstoffe erhalten sie fast ausschließend aus letzterer, so wie sie die materiellen vorzugsweise aus dem Boden ziehen. Daß man den Grund jener Verschiedenheit theils in der Eigenthümlichkeit der Blatt- und Stengelbildung, vermittelst welcher z. B. Liliengewächse, Hülsenfrüchte und andere ähnliche Pflanzen vermöge ihrer besonderen äusseren Beschaffenheit aus der Luft viele gasförmigen Stoffe, die Gräser aber weniger von diesen einsaugen, theils in der besonderen Art ihrer Wurzelbildung suchen muß, da allerdings die mit ihren Wurzeln tiefer in den Boden eindringenden Pflanzen mehr Nahrung aus dem Boden aufnehmen, als die oberflächlich wurzelnden, also weniger atmosphärische Nahrung bedürfen als letztere, leuchtet ein. Dieses gilt jedoch nur von den materiellen, nicht aber von den gasförmigen Nahrungsstoffen, so daß die Pflanzen stets eben so sehr vom Einflusse der Luft als vom Boden abhängig bleiben.

Die Blätter geben das von den Wurzeln eingesogene Wasser und mancherlei wässerige Säfte in Gestalt von Wasserdampf an die atmosphärische Luft zurück, d. h. sie dunsten aus, besitzen aber auch die wichtige Eigenschaft, aus jener die

Digitized by Google

Kohlensäure zu absorbiren, zu zersetzen, den Kohlenstoff für die Ernährung ihrer Gewächse sich anzueignen, das Sauerstoffgas in die Atmosphäre entweichen zu lassen, von demselben einen kleinen Theil für sich selbst zurückzubehalten und dann wieder, wahrscheinlich an ihrer unteren Fläche, Wasser einzusaugen. Auf diesem Ausdünstungs- und Einsaugungsprocesse der wässerigen Substanzen der Luft durch die verschiedenen Flächen der Blätter beruhen die wichtigsten Verrichtungen des ganzen Processes des vegetabilischen Lebens. Die deutlichste Vorstellung von diesem Wechselwirkungs-Vermögen gewähren uns die Erscheinungen gemergelter und ungemergelter Saaten. Man hat nämlich beobachtet, und Versuche bestätigten es, daß in einer Feldflur, deren einzelne Stücke nur abwechselnd gemergelt wurden, die Gewächse auf den letzteren selbst dann, wenn auch alle sonstigen Aussen- und Bodenverhältnisse ganz dieselben waren, nicht mehr so gut als vorher wachsen: die durch Mergelung gestärkten Saaten entziehen der sie umgebenden Luft ihre sämmtliche Kohlensäure, und lassen den schwächlicheren wenig übrig.

Daß die Ausdünstung vorzüglich durch die obere Blattfläche erfolgt, haben Versuche erwiesen, denn als man sie mit Firniß überzog, hörte die Ausdünstung auf. Ähnlich verhält es sich mit der Annahme, daß selbst organische Materien mitausdünsten; indem das unter einem Recipienten aufgefangene Verdunstungswasser den Geruch der Pflanzen hat und je nach Verschiedenheit derselben bald schneller bald langsamer in Fäulniß übergeht. Sennebier fand in 844 Theilen Wasser, welche ausgedunstet waren, einen Rückstand von 0,13 Theilen, welche aus 0,032 Theilen kohlensaurem Kalke, 0,005 Theilen Gyps, 0,032 Theilen gummiger und 0,032 Theilen harziger Materie bestanden. Aus andern Versuchen ergab sich, daß manche Pflanzen Phosphorsäure, andere Salzsäure, wieder andere Äpfelsäure, wieder andere Chlor, Kochsalz und mancherlei feste Substanzen ausdunsten. Von dieser Thatsache darf man also auch umgekehrt auf eine Aufnahme materieller und noch mehr gasförmiger Substanzen schließen.

Digitized by Google

Wie wichtig vor Allem das Abſorptionsvermögen der Blätter gegen die Kohlenſäure für die Vegetation überhaupt und die Waldgewächſe im Beſonderen ſeyn muß, erkennt man aus obigem Beiſpiele an gemergelten Saaten. Auf dieſen Einfluß hat man um ſo mehr zu rechnen, als gerade die meiſten Forſtpflanzen vermöge ihres ausgedehnten Blattſyſtemes vorzüglich geeignet ſind, der Atmoſphäre die Kohlenſäure zu entziehen und ſich ſelbſt eines der vorzüglichſten Nahrungselemente in Gasgeſtalt zu bereiten. Die Waldgewächſe müſſen hierbei wohl unterſchieden werden; denn die Nadelhölzer erhalten weniger Kohlenſäure als die Laubhölzer, woraus ſich der größere Kohlengehalt der letzteren theilweiſe erklären läßt. Dieſe, der Luft eine weit größere Oberfläche darbietend als jene, können einen großen Theil der in jener theils vorhandenen, theils in dem Boden frei werdenden und ſich in Folge des Mangels an einem Bindungs- oder Auflöſungsmittel verflüchtigenden Kohlenſäure aufnehmen und den Pflanzen wieder zuführen. Weniger vermögen dieſes natürlich die Nadelhölzer, weil ſie keine ſo ſtarke Anziehungskraft beſitzen.

Da die Pflanzen zur Lebensunterhaltung Kohlenſäure haben müſſen, obgleich ſie in einer ganz oder doch größtentheils aus ihr beſtehenden Luft nicht vegetiren können, und ſie dieſe wirklich durch ihre Blätter abſorbiren, wie Verſuche hinreichend bewieſen haben, ſo läßt ſich vorerſt fragen, ob die Pflanzen in der atmoſphäriſchen Luft eine ſolche Menge Kohlenſäure finden, da ſie in ihr nach den Unterſuchungen der neueren Chemie doch nur in ſehr geringer Menge etwa zu 0,01 der Einheit enthalten iſt? Obgleich erwieſen iſt, daß ſie in einer künſtlich hergeſtellten mit etwa 70 bis 76 Procent Kohlenſäure geſchwängerten Luft gar nicht und immer lebhafter vegetiren, je mehr bei einer zwiſchen 50 bis 60 Procent Kohlenſäure enthaltenden Luft dieſelbe vermindert wird, ſo wachſen ſie doch beſſer in einer 8 bis 9 Procent enthaltenden als in der gewöhnlichen Luft. Auch hat man erfahren, daß Pflanzen, wenn ſie in einer Luft vegetirten, welche mehrere,

Digitized by Google

2 bis 6, Procente Kohlensäure enthielt, nach einiger Zeit unter Einfluß des Sonnenlichtes diese ganz verschwinden machten und durch eben so viel Sauerstoffgas ersetzten. Nun enthält die gewöhnliche Luft nur beiläufig 0,01 Theile Kohlensäure und die Pflanzen absorbiren während des Tages eine größere Quantität derselben, mithin müssen sie entweder jene der atmosphärischen Luft ganz entziehen, oder sie muß auf andere Weise wieder ersetzt werden, sonst würde der vegetabilische Lebensproceß bald aufhören.

Dieser Umstand wird um so erheblicher, wenigstens scheinbar für die Vegetation der Waldgewächse, als sich die Kohlensäure vermöge ihrer eigenthümlichen Schwere gleichsam an dem Boden adhärirend verbreitet, und dadurch zu den höheren Gewächsen nicht gelangen zu können scheint. Allein man muß zugleich bedenken, daß überhaupt jedes der atmosphärischen Gasarten denjenigen Bewegungen unterliegt, welche der Wechsel ihrer Temperatur erzeugt, und daß auch in der Luft, als der großen Werkstätte der Natur viele Processe vor sich gehen, wodurch solche Verhältnisse augenblicklich verändert werden. Einen der schönsten Wechselwirkungsprocesse stellen die Pflanzen durch obige Einsaugung der Kohlensäure und gleichzeitige Aushauchung von eben so viel Sauerstoffgas dar, wobei sie den Kohlenstoff der Kohlensäure aufnehmen und jenes Gas freimachen, und durch die Umkehrung desselben während der Nacht, in welcher sie bekanntlich Sauerstoffgas absorbiren und Kohlensäure aushauchen *).

Schon Ingenhouß **) hielt es für eine gründlichere Kenntniß der Ernährung der Gewächse von großer Wichtig-

*) Die Absorption der Kohlensäure und Entwickelung des Sauerstoffgases während Einfluß des Sonnenlichtes und umgekehrt während der Dunkelheit geschieht besonders durch das Parenchym, welches diese Gasart selbst dann noch entwickelt, wenn es von der Oberhaut und den Rippen, welche nach Sennebier diese Eigenschaft nicht haben, getrennt ist.

**) Ernährung der Pflanzen Seite 79 u. 109.

Digitized by Google

keit, zu erforschen, wie viel Kohlensäure in der Luft sich befinde, und beweist aus Versuchen Du Hamels *), wie sehr dieselbe das Wachsthum der Pflanzen befördern müsse. Letzterer führte nämlich den Zweig eines Weinstockes in ein Treibhaus, und ließ seine Wurzeln außerhalb desselben. Derselbe bekam große und schöne Blätter, trieb neue Schößlinge, erhielt Blüthen und Früchte, wogegen alle anderen der freien Luft ausgesetzt gebliebenen Zweige nicht einmal eine Spur von Leben von sich gaben. Der Grund hiervon ist eines Theils in der im Treibhause übermäßig vorhandenen, durch die Pflanzen während der Nacht entwickelten, Kohlensäure, anderen Theils darin zu suchen, daß die Wurzeln, der Kälte ausgesetzt, wahrscheinlich der Bewegung ihrer Säfte beraubt waren, während sich jener Zweig in einer viel höheren Temperatur befand.

Ingenhouß bemerkt hierbei, das Wachsthum der Pflanzen könne zufolge dieses Ergebnisses nicht allein von der durch die Wurzeln erfolgten Absorption der Kohlensäure im Boden**) abhängen, indem alsdann der im Treibhause gezogene Zweig durchaus nicht hätte wachsen können; es hätte durch den Einfluß der Kälte auf das Wachsen der Wurzeln und des Stammes nothwendig ein Stillstehen erfolgen müssen. Da nun dieser höchst üppig wachsende Zweig blos mit Luft, Wärme, Licht und Elektricität in Berührung gestanden sey, so habe er aus der ihn umgebenden Luft alles zu seinem Wachsthume Erforderliche, also natürlich auch die Kohlensäure, hernehmen müssen. Wendet man dieses günstige Nahrungsverhältniß der atmosphärischen Luft auf die land- und forstwirthschaftlichen Gewächse an, so wird man ihm einen großen Einfluß auf das Gedeihen derselben nicht absprechen können, sondern jenem Absorptions-Vermögen der Blätter gegen die Kohlensäure den größten Theil des in den Holzpflanzen vorkommenden Kohlenstoffes zuschreiben müssen.

*) Ingenhouß, Ernährung der Gewächse Seite 82.

**) Wie im 9ten und 10ten Abschnitte der 1ten Abtheilung gezeigt wurde.

Wenn nun gleich die Kohlensäure, welche in der Natur überhaupt in unermeßlicher Menge entwickelt wird, durch die Verwesungs-, Gährungs-, Faulungs-, Verbrennungs- und namentlich durch die Vegetationsprocesse selbst der atmosphärischen Luft und dem Boden, also auch den Blättern und Wurzeln der Gewächse zukömmt, und besonders von den verschiedenen Bodenarten bald mehr bald weniger stark angezogen wird, so ist sie doch in dem Dunstkreise sowohl in freier und gasförmiger mit Sauerstoff und Stickstoff vermischter, als auch in gebundener, von den übrigen atmosphärischen Dünsten verschluckter Gasgestalt vorhanden, um der Vegetation zu einem der wichtigsten Nahrungselemente zu dienen.

Der besondere Umstand, daß sie bei chemischen Untersuchungen, welche man an der atmosphärischen Luft angestellt hat, in dieser in sehr geringer Quantität angetroffen wird, liefert übrigens einen sehr instruktiven Beweis, wie viel von ihr durch die Vegetation fortwährend verzehrt wird. Denn beachtet man, daß sich bei allen Verwesungsgährungen organischer Stoffe, welche namentlich in dem Waldboden, in der Landwirthschaft bei den vegetabilischen Dungmaterialien, in unermeßlicher Menge erfolgen, Kohlensäure entwickelt; daß sie aus dem von der Sonne erwärmten Humus in die Luft übergeht; daß viele Gebirgsmassen z. B. Thonschiefer, Hornblendeschiefer, Kalkerde, welche bekanntlich allgemein zur Hälfte aus Kohlensäure bestehen u. s. w. und daß endlich viele andere Verhältnisse Kohlensäure darbieten, so wird man nicht bezweifeln können, daß täglich eine große Menge derselben zur atmosphärischen Luft gelangt. Auch die unermeßliche Anzahl von Thieren erzeugen vermittelst ihres Lebensprocesses sowohl durch ihre Lungen- als Hautausdünstungen viel Kohlensäure, und die Pflanzen selbst hauchen sie besonders während der Zeit ihres Blühens und der Reife ihrer Früchte in großer Menge aus. Und dennoch ist sie in der Luft zum Wohle der Menschheit und aller lebenden Wesen in so geringer Menge vorhanden.

Digitized by Google

Sobald sich die Blätter der Pflanzen in der Dunkelheit befinden, absorbiren sie Sauerstoff und hauchen Kohlensäure aus; jene Absorption ist alsdann um so stärker, je besser der Boden ist, je stärker die im Herbste abfallenden Blätter sind und je kräftiger sich die Vegetation selbst entwickelt hat. Diese Thatsache, wovon man sich jedoch leicht dadurch überzeugen kann, daß, wenn man Blätter, oder andere Pflanzentheile, in einer mit Wasser angefüllten Glasglocke dem Sonnenlichte aussetzt und allmählig Sauerstoffgas entwickeln, den Proceß einige Zeitmomente aufhören, dann aber von Neuem beginnen sieht, sobald man etwas Kohlensäure zutreten läßt, hat der berühmte Naturforscher Th. v. Saussure durch seine eben so scharfsinnige als interessante und belehrende Untersuchungen am Einleuchtendsten dargethan. Die Blätter hören mit der Entwickelung von Sauerstoffgas im Sonnenlichte auf, wenn sie entweder schon zum Theile gefärbt sind, oder auf dem Punkte stehen, ihre Farbe zu verändern.

Im Allgemeinen geht der Zersetzungsproceß der Kohlensäure durch die Pflanzen, vorzugsweise durch ihre Blätter, um so lebhafter vor sich, je mehr der Einfluß des Sonnenlichtes thätig ist, und in je gesunderem Zustande sich die Blätter befinden. Er ist hinsichtlich der Quantität von Kohlensäure nach den verschiedenen Pflanzenarten eben so verschieden, indem z. B. manche Pflanzen kaum das 0,2 bis 0,3 fache, andere dagegen z. B. das Lythrum salicornia gar das 6- bis 7fache des Volums Sauerstoffgas entwickeln. Wie Erfahrungen beweisen, absorbiren junge Pflanzenblätter mehr Kohlensäure als alte, wozu die grüne Farbe derselben wesentlich beiträgt. Immergrüne Pflanzenblätter, fleischige und solche, die auf sumpfigen Gegenden wachsen, absorbiren weniger Kohlensäure als andere. In demselben Verhältnisse, in welchem die Blätter weniger Kohlensäure zersetzen, also dieselbe zur Ernährung ihrer Gewächse zurückbehalten, wird das Wachsthum der letzteren befördert, indem alsdann mehr Kohlenstoff zurückbleibt, woraus man erkennt, wie die

Digitized by Google

Pflanzen die große Menge von diesem Stoffe aus der atmosphärischen Luft erhalten, was durch die Versuche von Saussure direkt bewiesen wurde, indem die sieben Stöcke von Vinca pervinca 1,92, also beinahe 2 Gran Kohlenstoff aufgenommen hatten. Dieses Verhältniß wird vorzüglich wichtig für die Waldvegetation, welche vermittelst ihrer während des ganzen Sommers, in welchem die Entwickelung der Kohlensäure in Folge der Wärme und mancher anderer physischer und chemischer Verhältnisse nicht allein sehr häufig, sondern auch sehr lebhaft vor sich geht, verbleibenden eigenthümlich grünen Belaubung die vorzüglichsten Bedingungen darbietet, welche erfordert werden, wenn sich die Pflanzen aus der Luft mit Nahrung versehen sollen.

Zufolge der Untersuchungen, welche über diesen Gegenstand Sennebier mit vieler Vorsicht und Gewandtheit angestellt hat, darf man annehmen, daß die jungen Blätter bei gleichem Umfange und in derselben Zeit weniger Kohlensäure wieder zersetzen, als die Blätter erwachsener Pflanzen. Es benutzt also die Pflanze zur Einsaugung der Nahrung denjenigen Zeitpunkt, in welchem die Stoffe durch innere Zersetzung und Auflösung sich mit ihr selbst assimilirt, d. h. ihre eigenthümlichen Qualitäten verloren haben. Die Saugadern der Blätter sind es vorzüglich, welche vermittelst des atmosphärischen Wassers die in letzterem aufgelöst enthaltene Kohlensäure den Pflanzen zuführen, und so ihre Ernährung befördern helfen. Auf der anderen Seite dunsten aber die Blätter das Wasser aus und verlieren dadurch einen Theil ihrer theils aus der atmosphärischen Luft, theils aus dem Boden enthaltenen Kohlensäure. Man sollte daher glauben, es gehe für die Gewächse, besonders die Kohlensäure des Holzsaftes, wenn nicht sämmtlich doch größtentheils, verloren, da die Ausdünstung jener oft sehr beträchtlich ist *).

*) Ich habe in der Forst- und Jagdzeitung von Behlen Jahrgang 1828, September und Oktober, in einem Aufsatze: „Abhän-

Mehrfach hierüber angestellte Versuche und Beobachtungen haben aber bewiesen, daß es sich nicht also verhält und keine Kohlensäure, sondern blos das reine Wasser ausgedunstet wird. Die aus jenen mehrfach abgeänderten Versuchen gewonnenen Resultate geben zu erkennen, daß die Kohlensäure desoxydirt und ihr Kohlenstoff assimilirt wird; das Blatt haucht mit dem Wasser blos den Sauerstoff aus, und die Pflanzen selbst behalten den Kohlenstoff zurück. Die in dem Holzsafte oder in anderen Pflanzensäften enthaltene Kohlensäure wird also nichts weniger als vollständig ausgehaucht, sondern ein Theil derselben bleibt in dem sogenannten Fleische der Blätter zurück und trägt sowohl zur Ernährung der Gewächse als auch zur Bildung des Kohlenstoffes bei. Ja

---

gigkeit der Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft" mit besonderer Beziehung auf die Ausdünstung der Gewächse, vorzüglich der Wälder, die beträchtliche Menge des Verdunstungswassers näher gewürdigt. Daß sie bei krautartigen Gewächsen oft die Hälfte ihres Gewichtes beträgt, gegen den Herbst mehr und mehr abnimmt, da die Blätter fester und trockener werden, und ein härteres Gewebe erhalten; daß zwischen der Einsaugung und Ausdünstung ein annähernd bestimmbares Verhältniß besteht, und andere ähnliche Beziehungen sind für diese Processe sehr wichtig, weswegen auch Sennebier durch sehr mühesam angestellte Versuche jenes Einsaugungs- und Ausdünstungsverhältniß zu bestimmen suchte und folgende Ergebnisse erhielt:

Der	saugt ein zwischen		dunstet aus zwischen	
	von Gran	bis Gran	von Gran	bis Gran
Pfirsich . .	103,6	217,552	36,256	93,232
Münzen . .	207,68	595,696	93,232	124,320
Himbeeren .	751,088	1276,352	580,160	784,528
Aprikosen .	217,552		189,480	

Im Allgemeinen ist also die Einsaugung bedeutend größer als die Ausdünstung; dieses ist so lange der Fall, als die Pflanzen in ihrem Wachsthume fortschreiten; haben sie aber ihren höchsten Punkt desselben erreicht, so kehrt sich dieses Verhältniß um.

Digitized by Google

es erscheint als wahrscheinlich, daß durch diesen aus der atmosphärischen Luft aufgenommenen Kohlenstoff die aus dem Boden erhaltenen organischen Materien theilweise in den Blättern in Zucker verwandelt werden dürften. Hierüber herrscht jedoch noch keine Gewißheit, obgleich der Annahme der besondere Umstand, daß man aus verschiedenen Stoffen künstlich Zucker zu bereiten und denselben wieder in verschiedene andere Substanzen zu verwandeln im Stande ist, und daß viele materielle Nahrungsstoffe von Pflanzen reich an Zucker sind, einige Wahrscheinlichkeit giebt.

Indem mit der Entwickelung der Kohlensäure die Absorption des Sauerstoffes und umgekehrt in engster Verbindung steht, und vorzugsweise die Sumpfpflanzen in Folge der Wasserverdunstung ununterbrochen mit einer dunstvollen und feuchten Atmosphäre umgeben sind, weswegen sie nicht so viel Sauerstoff, als die meisten übrigen grasartigen Gewächse absorbiren können, so enthalten dieselben wegen dieser geringen Absorption von Sauerstoff in ihren Blättern eine große Menge Kohlensäure, worin man die Ursache der auffallenden Erscheinung suchen muß, daß sie selbst in solchen Gasarten, welche kein kohlensaures Gas, aber z. B. Wasserstoffgas, Stickgas, Kohlenoxydgas und andere enthalten, fortkommen; alle anderen Pflanzen aber sterben entweder sogleich ab, oder leben nur höchst kümmerlich. Durch Versuche hat man ermittelt, daß dergleichen Sumpfpflanzen, wenn ihnen durch irgend ein wirksames Mittel, z. B. durch gebrannten Kalk, die in ihren Blättern enthaltene oder gleichsam gebundene Kohlensäure entzogen wird, meistens entweder schnell absterben oder ihre Blätter verlieren. Wegen der Sättigung ihrer Blätter mit Kohlensäure absorbiren sie entweder gar keinen oder nur sehr wenig Sauerstoff und erhalten sich in Folge dieses Verhältnisses in jenen verschiedenen, anderen Pflanzen unter veränderten Umständen nachtheiligen, Gasarten.

Daß die atmosphärische Luft während der Sommermonate reicher an Kohlensäure ist, als im Winter, ergiebt sich aus

Digitized by Google

mehreren physischen und chemischen Ursachen und ist eine für die Ernährung der Gewächse sehr einflußreiche Erscheinung. Zur Ermittelung des Verhältnisses selbst hat man verschiedene Versuche angestellt; namentlich ergiebt sich aus den Untersuchungen Sauſſure's, welche Chaptal mittheilt *), daß in hundert Theilen gemeiner Luft an Kohlensäure vorkommen:

am 31. Januar 1809 4,57 Theile; am 20. Aug. 1810 aber 7,79, also mehr 3,22;

am 2. Februar 1811 4,66 Theile; am 27. Juli 1811 aber 6,47, also mehr 1,81;

am 7. Januar 1812 5,14 Theile; am 15. Juli 1815 aber 7,13, also mehr 1,99 **).

Im Sommer ist also die atmosphärische Luft im Allgemeinen um 2 bis 3 Theile mehr mit Kohlensäure imprägnirt, als im Winter, was sich um so einfacher dadurch erklären läßt, als die durch die Wärme beschleunigte Auflösung und Verwesungsgährung vegetabilischer Überreste die Bedingung darbietet, Kohlensäure nebst manchen anderen Säuren charakteristisch hervortreten zu lassen. Nun wird mit zunehmender Wärme die Absorption des Sauerstoffes vermehrt, mithin geht die Entwickelung der Kohlensäure eben so schnell vor sich.

Diese Erscheinung und ihre beiläufige Ursache vermuthete man wohl schon früher, fand sie aber erst im 19ten Jahrhundert bestätigt. Prieſtley hatte nämlich die Entdeckung gemacht, daß die Pflanzen zuweilen Sauerstoffgas, zuweilen

*) Agrikulturchemie 1ter Band. Seite 6.

**) Wenn man diese Ergebnisse nach ihrem Gewichte in arithmetischen Mitteln vergleicht, so findet man, daß die Luft im Sommer 3,55 Theile mehr Kohlensäure enthält als im Winter, weswegen der Gehalt an Kohlensäure in der Luft bald auf 0,018 steigt, bald auf 0,005 herabsinkt, obwohl dieses die beiden Extreme seyn dürften. Vergleicht man dieselben aber nach ihrem Umfange, so findet man, daß die Luft im Sommer 2,34 Theile mehr Kohlensäure, als im Winter enthält. Beide Verhältnisse werden jedoch nach Umständen modificirt.

Digitized by Google

mephitiſche Luft, Kohlenſäure, aushauchten, geſtand aber dabei ſelbſt ein, daß er die Urſachen dieſer verſchiedenen Wirkungen der Vegetabilien auf die atmoſphäriſche Luft nicht kenne. Zugleich geht aus ſeinen Unterſuchungen noch hervor, daß er weder die Bedingungen der Aushauchung des Sauerſtoffes noch die der Kohlenſäure kannte, wodurch viele atmoſphäriſche Pflanzennahrungsverhältniſſe dunkel blieben, bis durch die Bemühungen von Ingenhouß der größte Theil derſelben erklärt wurde. Dieſer Naturforſcher hat einfach und doch gründlich bewieſen, daß die Vegetabilien die ſie umgebende Luft fortwährend zerſetzen, und einen großen Theil derſelben in kohlenſaures Gas verwandeln *). Nach den Beobachtungen Sennebiers **) giebt der größte Theil der Blätter im Dunkeln kein Gas, was dagegen alsdann der Fall ſey, wenn ſie zu verderben anfangen würden.

Da nach den Beobachtungen Sauſſure's ***) alle Pflanzen in Gasarten, welche kein kohlenſaures Gas enthalten, abſterben, oder wenigſtens nur ſehr kümmerlich leben, das die Blätter berührende Gas nicht allein Kohlenſäure, ſondern auch Sauerſtoffgas enthalten muß, und z. B. Pflanzen im Stickgaſe ſterben, wenn daſſelbe nur $^1/_{12}$ Kohlenſäure enthält, ſo folgt daraus, daß die atmoſphäriſche Luft zum Gedeihen der Pflanzen Kohlenſäure enthalten und ſie vermittelſt der Blätter denſelben zur Nahrung darbieten muß. Übrigens muß ſie in jener in ſehr verdünntem Zuſtande vorhanden ſeyn, wenn ſie das Wachsthum der Pflanzen weſentlich begünſtigen ſoll, indem ſie ihnen in concentrirtem Zuſtande ſchädlich iſt †). Wenn man alle Ergebniſſe, welche die über dieſe Verhältniſſe angeſtellten Unterſuchungen ableiten ließen und mehrfach zerſtreut in verſchiedenen Schriften niedergelegt

*) Ernährung der Pflanzen. Seite 56.

**) Phys. veget. Tom. 3. p. 186.

***) Recherches chemiq. sur la veget. p. 104.

†) Gilbert's Annalen 90ſter Band. Seite 261.

Digitized by Google

sind, zusammenhält, so erhält man aus ihnen für die Ernährung der Gewächse hinsichtlich des Einflusses der atmosphärischen Luft folgende eben so wichtige als belehrende Wahrheit:

„Die Umwandlung der Kohlensäure in Sauerstoff, wenn „sie mit der atmosphärischen Luft in großen Verhältnissen „vermischt ist, steht im umgekehrten Verhältnisse mit der „Zeitdauer."

Aus Versuchen und Beobachtungen ist man zur Überzeugung gekommen, daß die Zersetzung der Kohlensäure durch die Blätter im Schatten nur in geringem Grade vor sich geht. Dieses Verhältniß giebt sich im natürlichen Zustande besonders in den jungen sehr dicht stehenden Waldungen recht deutlich zu erkennen. Zur Beförderung des Wachsthums der Stämme werden jene ausgelichtet und man muß den günstigen Erfolg dieses Unternehmens größtentheils den Absorptionen des Sauerstoffes und der Kohlensäure, welche hierdurch beschleunigt werden, da sie der Lichteinfluß vorzugsweise befördert, zuschreiben. Es wird also einleuchtend, daß durch dieses Verhältniß von Seiten der atmosphärischen Luft die Vegetation sehr begünstigt und der Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffes auf den Boden, wodurch dessen Humus, besonders in dem Waldboden, angegriffen und zur Pflanzennahrung bestimmt wird, sich erhöhet. Zwischen beiden von der Atmosphäre den Pflanzen zur Nahrung dargebotenen Stoffen besteht also eine gegenseitige Wechselbeziehung, in Folge welcher die Blätter, besonders die fleischigen, nothwendig noch eine andere Eigenschaft besitzen müssen, welche für die atmosphärischen Nahrungsbeziehungen eben so wichtig als die vermittelst der Kohlensäure dargebotene ist.

Die Pflanzen absorbiren während des Nachts Sauerstoff und hauchen ihn während des Tages aus, eine Wechselwirkung, welche als unerläßliche Bedingung zum Pflanzenleben gehört, für die Pflanzen in ähnlichem Grade wichtig ist, wie das Athmen den Menschen, wie Grischow in seiner gehaltreichen

Schrift nachgewiesen hat *), und aus welcher man zugleich erkennt, daß das Licht eine wesentliche Bedingung zur Beförderung des Wachsthums der Pflanzen ist. Übrigens bieten die Pflanzen das interessanteste Verhältniß dadurch dar, daß sie, eben so, wie sie bei ihrer Zurückkehrung in Bodenbestandtheile den Sauerstoff vorwaltend absorbiren, denselben während ihres Wachsthumes vorherrschend aushauchen, so daß beide Erscheinungen in gleichem Grade einander entgegen gesetzt sind, wie die Entwickelung und das Ableben der Pflanzen.

Indem nun die ganze Vegetation der fleischigen Gewächse sich meistens auf die Blätter beschränkt, so kommt es

*) Über Athmung der Gewächse und deren Einfluß auf die gemeine Luft. In dieser Schrift findet man höchst interessante Bemerkungen und Nachweisungen über diese wechselseitigen Absorptionen und Aushauchungen des Sauerstoffes und der Kohlensäure; auf sie verweise ich zu weiterer Belehrung. Zugleich mache ich auf die Untersuchungen Wahlenbergs: „Über die Sitze der unmittelbaren Pflanzenprodukte“ in Gehlens Journal für Chemie und Mineralogie Band VIII. S. 93 u. 180; dann auf Johns Schrift: „Über Ernährung der Pflanzen ꝛc. Berlin 1819“ aufmerksam. In diesen Schriften werden diese Vegetationsprocesse weitläufig betrachtet; aber mehrfach gehen den Darstellungen zureichende Begründungen ab. Eben so findet man in Gilbert's Annalen 15ter Band Seite 42 u. d. f. von Wahlenberg über die Gefäße der Gewächse und ihre Verrichtungen viele interessante und belehrende Bemerkungen, welche besondere Berücksichtigung verdienen, wenn man anders zur genauen physiologischen Kenntniß des Innern der Pflanzen überhaupt und der Holzpflanzen im Besonderen gelangen will.

Dieser sucht daselbst zu zeigen, daß es viel richtiger und sicherer sey, zu sagen, der Saft steige in dem Holze der Eiche durch Holzgefäße auf, als daß er durch ausgedehnte Zellgewebe des Holzes fließe. Nach ihm sind die Fibern des Lindenholzes und der schwammige Zellenbau des Korkes von anderer Art, als die Fasern der Lindenrinde. Seine Untersuchungen und Resultate daraus erhalten um so mehr Gewicht, als sie sich auf sehr viele Bäume und Sträucher ausdehnen; dem Forstmanne sind sie sehr zu empfehlen.

Digitized by Google

allerdings auf das besondere Verhältniß an, in welchem die Absorption des Sauerstoffes während der Nacht und die Aushauchung desselben während des Tages vor sich geht. Aus allen hierüber angestellten Beobachtungen und Versuchen hat man die allgemein gültige Wahrheit ermittelt, daß die Menge der Luft, in welcher eingeschlossene Pflanzen vegetiren sollen, das siebenfache Volum betragen muß *). Zur genaueren Ermittelung dieses Absorptions- und Entwickelungsverhältnisses des Sauerstoffes und der Kohlensäure so wie der dabei erfolgenden Luftveränderungen hat man abgeschnittene Pflanzentheile in eine bestimmte Menge von atmosphärischer Luft eingeschlossen, und gefunden, daß jene Sauerstoff einsaugen, ohne im Umfange Kohlensäure zu bilden. Das Ergebniß aller Versuche war, daß die Blätter, nachdem sie sich mit Sauerstoff vollkommen gesättigt haben, den Kohlenstoff ihrer Pflanzensubstanz mit dem atmosphärischen Sauerstoffe verbinden, und auf diese Weise, wie die meisten dünnen Blätter Kohlensäure erzeugen, ohne das Volumen der sie umgebenden Luft merklich zu verändern. Nie verbrauchen sie zu dieser

*) Die periodisch abwechselnde Absorption und Aussonderung des Sauerstoffes bei Tag und Nacht vergleicht Saussure in seinem angeführten Werke Seite 63 mit dem Lebensprocesse der Thiere, und nennt die Sauerstoff-Absorption der Pflanzen eine Inspiration, die Aussonderung desselben aber eine Exspiration.

Der Vergleich selbst hat zwar mit dem Wachsthume der Pflanzen viel Ähnlichkeit, und ist deswegen nicht ganz zu verwerfen. Allein ich kann ihn aus dem besonderen Grunde nicht für ganz passend und zweckmäßig halten, weil eines Theils die inneren Thätigkeiten in den gegenseitigen Organisationen der Pflanzen und Thiere ganz verschieden sind, anderen Theils die Thiere, während sie Luft einhauchen, blos Sauerstoff einsaugen, wogegen die Pflanzen sowohl Sauerstoff inspiriren, als auch zugleich von demselben wieder einen Theil exspiriren. Beim thierischen Athmen wird eine fortwährende Bildung der Kohlensäure beobachtet, welche bei dem Wachsthume der Pflanzen unterbrochen wird, und nur dann stattfindet, wenn Sauerstoff absorbirt wird.

Digitized by Google

Bildung von Kohlensäure mehr als die Hälfte des Sauerstoffgases, welches sie entweder eingesogen haben, oder einsaugen können. Die übrigen Theile werden zu anderen Bildungen verwendet, und vorzugsweise von den Nebenverhältnissen bestimmt, entweder zu neuen Processen etwas beizutragen, oder für spätere aufbewahrt zu werden; denn das von der Pflanze einmal aus der Luft absorbirte Sauerstoffgas läßt sich vermittelst der Luftpumpe nicht mehr ausziehen.

Ein besonderes Verhalten bieten in dieser Beziehung die saftigen Gewächse dar, welche das Sauerstoffgas gleichsam abhalten und deswegen weniger Kohlensäure absorbiren. Diese Eigenschaft enthält theilweise die Ursache, warum solche Pflanzen selbst in einem, nicht gerade fruchtbaren, Boden fortkommen. Auch läßt sich theilweise daraus erklären, warum solche Gewächse nicht allein in hohen Gegenden, sondern auch auf dürrem der Vegetation im Allgemeinen nicht günstigem Sandboden gedeihen; sie entbinden nämlich den Kohlenstoff nur schwer und behalten denselben zu ihrer eigenen Entwickelung zurück. Sowohl für die Vegetation überhaupt, als für die Waldvegetation im Besonderen, lassen sich hieraus mancherlei Erklärungsgründe für viele Erscheinungen ableiten, welche die atmosphärische Luft in ihrem innigen Zusammenhange mit dem Wachsthume der Pflanzen darbietet. Die Sache wird namentlich für den Forst- und Landwirth sehr wichtig, als jener bei Anpflanzungen nicht allein auf den Boden, sondern auch auf die Beschaffenheit der Gewächse, ihr Belaubungssystem und auf die inneren Saftverhältnisse zu sehen; dieser mit mehr oder weniger Modifikationen dieselben Gesichtspunkte zu berücksichtigen hat. Pflanzen, welche weniger saftvoll sind, und die Kohlensäure durch die Beschaffenheit ihrer Blätter weniger zurückhalten können, werden allerdings auf hohen Gegenden nicht gut wachsen, da sie wegen der trockneren Luftschichten, mehr ausdunsten und leicht austrocknen können.

Wenn nun gleich die Kohlensäure desoxydirt, und der

Kohlenstoff von den Pflanzen assimilirt, der Sauerstoff aber ausgehaucht wird, so ist dieser jenen verbleibende Antheil unter solchen ungünstigen Verhältnissen nur gering, und es wird dann besonders der Übergang des wässerigen und stark oxydirten Holzsaftes in den sogenannten Lebenssaft der Rinde, wenn nicht gerade verhindert, doch lange zurückgehalten. Dieser allmählige Übergang verdient bei den Waldgewächsen um so größere Aufmerksamkeit, als der Holzsaft dabei eine quantitative und qualitative Veränderung erleiden muß, wenn er Lebenssaft werden soll. Die Blätter dunsten das Wasser aus, die festen Theile bleiben in der Pflanze zurück und der Holzsaft wird gleichsam concentrirt. Diese Erscheinung hängt von den verschiedenen Verhältnissen der Transpiration in den mannigfaltigen Lebensperioden und von den von Aussen einwirkenden Verhältnissen ab, wozu man den Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffes und die Bedingungen rechnen muß, unter welchen die Ausdünstung der Pflanzen entweder befördert oder zurückgehalten wird. Diese aber hängt wieder wesentlich von der Beschaffenheit der Blätter und der Pflanzen selbst ab, und wird durch die Temperatur größtentheils bestimmt, mithin richtet sich auch der Übergang des Holzsaftes in Lebenssaft und die Größenveränderung darnach.

Indem der Sauerstoff der oxydirten Pflanzennahrungsstoffe ausgehaucht wird, und diese letzteren mehr oder weniger desoxydirt werden, wird der Holzsaft seiner Beschaffenheit nach verändert. Es geht der von den Wurzeln aufsteigende Pflanzensaft zu den Blättern hin, wo er durch die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes der Kohlensäure und anderer Elemente jene eigenthümlichen Veränderungen erleidet. Ein großer Theil des Wassers verdunstet, der in den Blättern ausgearbeitete Saft wird durch den Splint in alle Pflanzentheile, selbst in die Wurzeln vertheilt, um sodann die eigenthümlichen Pflanzenstoffe zu bilden. Der wahre Hergang dieser Processe, die wahre Beschaffenheit dieses in den Gewächsen aufsteigenden Saftes und manche andere Beziehungen

Digitized by Google

sind jedoch nicht bekannt, obgleich durch mancherlei Versuche und ähnliche Erscheinungen an den Thieren als richtig angenommen werden kann, daß der Saft von den Blättern ausgehend in alle Theile der Pflanzen vertheilt werde und in den Blättern selbst gleich dem Blute der Thiere, aus welchem die verschiedenen sowohl festen als flüssigen Theile gebildet werden, welches sich aus den Nahrungssäften bildet, und in den Lungen durch die Einwirkung der atmosphärischen Luft jene eigenthümlichen Veränderungen erleidet, wodurch es die Fähigkeit erhält, thierische Stoffe zu erzeugen, diejenigen Veränderungen erleide, welche ihm diejenige Eigenschaft geben, die verschiedenen Pflanzenstoffe zu bilden. Die Nahrungsstoffe nehmen während jener Processe der quantitativen und qualitativen Veränderungen in dem Lebenssafte ihre innere Organisation und Lebendigkeit an; und man erkennt hieraus, daß die Ausdünstung und Desoxydation durch die Blätter auf dieselbe Weise vor sich geht, wie die Einsaugung und Oxydation der Nahrungsstoffe durch die Wurzeln geschehen ist.

Da nun die Blätter bei anwesendem Lichte kohlensaures Gas absorbiren und ein gleiches Maaß Sauerstoffgas entwickeln, aber bei Abwesenheit des Lichtes Sauerstoff absorbiren und Kohlensäure entwickeln, so ist das Licht eine allgemeine äussere Bedingung der Sauerstoffaushauchung und die Dunkelheit eine Bedingung der Oxydation. Obgleich Erfahrungen und Versuche uns belehren, daß die Menge Kohlensäure, welche die Pflanzen während der Nacht aushauchen, geringer ist, als die während des Tages absorbirte, und daß immer ein Theil derselben als Kohlenstoff verschluckt bleibt, so haben jene zugleich bewiesen, daß die Absorption des Sauerstoffgases während der Nacht um so stärker ist, je besser der Boden sowohl in Ansehung seiner physischen Beschaffenheit als auch seiner Zusammensetzung ist und daß die im Winter abfallenden Blätter in der Regel den größten Antheil Sauerstoff absorbiren und den meisten Kohlenstoff enthalten. Diese Pflanzen bereiten dann unter dem atmosphärischen Einflusse

sämmtliche zur Vegetation selbst und zur vollkommenen Entwickelung und Bildung der Früchte verwendeten Säfte und ziehen aus der Luft die gasförmigen Nahrungsstoffe unaufhörlich an.

Aus anderen Beobachtungen und Erfahrungen, welche man an den Blüthen der Pflanzen gemacht hat, erkennt man, daß die Blumen sowohl bei Tag als bei Nacht unter dem Einflusse des Lichtes mehr Sauerstoff absorbiren, als sie im Dunkeln aushauchen; daß also die Blüthen eine von der Sauerstoffabsorption der Blätter verschiedene Erscheinung darbieten. Die Blumen haben nebstdem noch die interessante Eigenschaft, mehr Stickgas, als alle übrigen Pflanzentheile, aber kein Wasserstoffgas zu entwickeln. Versuche haben belehrt, daß Knospen von Blüthen in Gasarten, welche kein Sauerstoffgas enthalten, oder wenn sie in Stickgas sich befinden, nicht aufbrechen. Zugleich hat man beobachtet, daß die Blumen, wenn die Knospen etwa schon aufgebrochen sind, nicht fortdauern. Sie können nämlich unter solchen Verhältnissen kein Stickgas aushauchen, weil sie damit gesättigt sind. Der weitere Vegetationsproceß hört auf, die Knospenentwickelung ist gehindert, und das vegetabilische Leben, von zwei Seiten Hindernisse findend, steht ganz still.

Was endlich das Reifwerden der Früchte betrifft, welches in einem den Gewächsen eigenthümlichen Typus, in dem Einflusse der Wärme während der verschiedenen Jahreszeiten, des Lichtes, der Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft und in der Zeit der Aussaat die Ursachen findet; so kann dasselbe doch vorzugsweise nur dadurch geschehen, daß ihnen durch den Sauerstoff der sie umgebenden Luft der Kohlenstoff entzogen wird; derselbe wird nämlich in Gasgestalt verwandelt, wodurch das Reifen allmählig befördert wird. Berard und Saussure haben in dieser Beziehung sehr lehrreiche Untersuchungen angestellt, die jedoch wegen der verschiedenen Zwecke, welche beide Naturforscher ihnen zum Grunde legten, mehrfach verschiedene Resultate gewährten.

Obgleich erwiesen ist, daß äußere Einflüsse, besonders

Digitized by Google

die Wärme und das Licht auf die Dauer der Vegetationszeit, von dem Ausschlagen bis zur Fruchtreife sehr wichtig sind, so hängt sie doch nicht einzig und allein von jenen ab, sondern sie können gemäß der Erfahrung jenen inneren Typus der Organisation blos verändern, bald beschleunigen, bald verzögern. Denn hält man ein Glied der Cactus einige Zeit im Dunkeln, läßt es aus der Luft soviel Sauerstoff einsaugen, als es nur kann, und setzt es hierauf dem Sonnenlichte aus, so wird von ihm alsdann während 7 bis 8 Stunden mehr Sauerstoff ausgehaucht, als in 12 Stunden ausgehaucht wird, wenn das Glied nur eine Nacht im Finstern aufbewahrt wurde. So lange die Frucht noch nicht reif, also noch grün ist, hält sie selbst mit den grünen Pflanzentheilen die Respiration ein ꝛc.

Da übrigens für die Erörterung der atmosphärischen Nahrungsbeziehungen der Gewächse dieser Gegenstand weniger wichtig erscheint und es später bei der Wärme und dem Lichte noch mehrfache Gelegenheit giebt, denselben zu berühren, so wird er hier nicht weiter verfolgt. Hier können nur diejenigen Erscheinungen wichtig werden, welche in ihren praktischen Beziehungen für die Ernährung der Gewächse durch atmosphärische Elemente Aufschluß geben und im Besondern noch die Fragen erörtern helfen, ob die Pflanzen im Dunkeln nicht eben so viel Kohlenstoff wieder abgeben, als sie im Lichte mit der Kohlensäure aufgenommen haben, und ob dieselben aus der atmosphärischen Luft nicht auch noch andere Stoffe aufnehmen. Daß in Bezug auf die erste Frage in den Pflanzen Kohlenstoff zurückbleibt und derselbe ihnen verähnlicht wird, wurde schon erwiesen und folgt aus den Erfahrungen Chaptal's noch weiter; indem ein im Dunkeln vegetirender Byssus etwa 0,0112 des Gewichtes Kohlenstoff, im Lichte aber mehr als 0,042 Theile enthielt. Auch haben andere Naturforscher, namentlich Sennebier, gefunden, daß im Dunkeln wachsende Pflanzen mehr Wasser, aber weniger Kohlenstoff enthielten, als die im Lichte vegetirenden, wie später näher bewiesen wird.

Digitized by Google

Daß nicht alles Sauerstoffgas, welches in der Kohlensäure enthalten ist, von den Pflanzen ausgehaucht wird, sondern ein Theil desselben mit dem sogenannten Pflanzenfleische vereinigt bleibt, folgt aus den schon früher berührten Versuchen Saussure's an Stöcken von Vinca pervinca, welche er in einer aus 5747 Theilen theils Stickstoffgas, theils Sauerstoffgas und kohlensaures Gas künstlich bereiteten Luft hatte vegetiren lassen, woraus sich ergab, daß die Pflanzen aus der Kohlensäure Sauerstoff aufnehmen. Unter jenen 5747 Theilen befanden sich am Anfange des Versuchs 4200 Theile Stickstoffgas und am Ende waren 4338 Theile desselben vorhanden, woraus folgt, daß 118 Theile Stickstoffgas entwickelt wurden. Da ferner unter jenen sich 1116 Theile Sauerstoffgas befanden und am Ende des Versuches 1409 vorhanden waren, so wurden 293 Theile desselben entwickelt, die übrigen 138 Theile aber von den Pflanzen absorbirt; die in der anfänglichen Luft enthaltenen 431 Theile von kohlensaurem Gase wurden ganz aufgenommen und an seiner Stelle fanden sich jene 293 Theile Sauerstoffgas. Hätten nun die Pflanzen allen Sauerstoff der absorbirten Kohlensäure in Gasgestalt entwickelt, so hätten 431 Theile mehr Sauerstoffgas entstehen müssen.

Soll eine Pflanze wachsen, und in ihrer Substanz wirklich zunehmen, so müssen ihre Blätter am Tage Sauerstoff aushauchen und in demselben Verhältnisse aus der atmosphärischen Luft Kohlensäure aufnehmen. Es giebt zwar einige Pflanzen, z. B. die Cactus opuntia, welche einige Zeit im Stickgase leben; allein das Sauerstoffgas ist zur Entwickelung der Vegetabilien durchaus nothwendig, um theils durch seine Vermittelung im Dunkeln Kohlensäure zu bilden, theils die Pflanzen selbst wirklich ernähren zu helfen. Die hierdurch veranlaßten Processe machen die Zersetzungen der allgemeinen und besonderen Nahrungsstoffe von sich abhängig; diese werden dann unter fortdauerndem Einflusse der Luft in Gestalt von Kohlensäure als ernährende Stoffe aufgenommen, wäh-

Digitized by Google

rend der Aufnahme durch die Wurzeln stark oxydirt und durch den Einfluß des Lichtes und der Wärme eben so stark desoxydirt.

Solange die Blätter ihr vegetabilisches Leben besitzen, hauchen sie Sauerstoff aus und nehmen Kohlensäure auf. Der wässerige, stark oxydirte Holzsaft wird den Pflanzen stets zugeführt, weiter zersetzt und assimilirt. Jene Aushauchung des Sauerstoffes beweisen Saussure's Versuche *) sehr deutlich. In einem mit atmosphärischer Luft angefüllten Ballon brachte er einen mit der Wurzel des Baumes zusammenhängenden Zweig, welcher den Raum des Ballons ungefähr im 400 bis 500sten Theile ausfüllte; innerhalb drei Wochen gab er der Luft mehr Sauerstoff, als sie selbst besessen hatte, woraus folgt, daß alle Pflanzen die Luft stets reinigen; weil sie ihr im Durchschnitte mehr Lebensluft zurückgeben, als sie selbst derselben entzogen haben. Da sie aber zugleich Kohlensäure absorbiren, womit eine Verbesserung der atmosphärischen Luft nothwendig verbunden ist, so bieten sie in jener Aushauchung des Sauerstoffes eine Bedingung zur Verbesserung jener dar. Aus mancherlei anderen Versuchen will es scheinen, daß in die Pflanzensubstanz kein Sauerstoff absolut permanent aufgenommen werde, weil z. B. frische Blätter während einer Nacht unter einer mit atmosphärischer Luft angefüllten Glasglocke eine bestimmte Menge Sauerstoffgas absorbirten, eine andere Menge desselben in Kohlensäure verwandelten, und jenes durchaus nicht abgaben, wenn man es ihnen auch durch die Luftpumpe zu entziehen suchte. Dasselbe war also nicht nach den physischen Gesetzen der Adhäsion absorbirt, sondern in die eigentliche Pflanzensubstanz übergegangen. Anders verhielt es sich aber, als man dieselben Pflanzen einige Zeit dem Einflusse des Sonnenlichtes aussetzte, indem sie das vorherige Sauerstoffgas wieder entwickelten und die Kohlensäure aufnahmen.

*) Recherch. chem. sur la Veget. Seite 113.

Digitized by Google

Entblößt man das Holz seiner Rinde, läßt es aber mit der Pflanze selbst im Zusammenhange, so absorbirt es fortwährend Sauerstoff, welcher in Kohlensäure verwandelt wird. Anders verhält es sich mit den von den Pflanzen getrennten Holzstücken, welche alsdann nur eine bestimmte Menge von Sauerstoff absorbiren.

Obgleich man nun im Allgemeinen über die Verrichtungen der Blätter für den Ernährungsproceß durch gasförmige Substanzen viel Gewißheit hat, und weiß, daß, während die Pflanzen die Kohlensäure zersetzen, sie den Kohlenstoff sich assimiliren und an Substanz nach dem Verhältnisse der größeren oder geringeren Menge desselben zunehmen, indem z. B. nach Saussure's Versuchen Gewächse, welche ungefähr vier Wochen in atmosphärischer Luft vegetirten, um mehr als zwei Gran Pflanzensubstanz erhielten; eine Zunahme, welche nicht von dem verdichteten Wasser, wie manche Naturforscher annehmen wollen, sondern von der durch Einfluß der atmosphärischen Luft in Kohlenstoff umgewandelten Kohlensäure herrührt, da die in jener wachsenden Pflanzen so viel an fester Substanz zunehmen, als der in der verbrauchten Kohlensäure vorhandene Kohlenstoff beträgt, so kann man doch noch nicht annehmen, daß die gewonnenen Resultate völlige Gewißheit geben, und man muß es daher sehr bedauern, daß die Versuche Sennebiers, Saussure's und anderer Naturforscher auf dem Wege des Versuches, welcher in der neuesten Zeit so große Fortschritte gemacht hat, nicht strenger geprüft, fortgesetzt und mehr erweitert wurden.

Im Allgemeinen geht aus allen Versuchen und Folgerungen für den Einfluß, welchen die atmosphärische Luft durch die Absorption der Kohlensäure und Freimachung des Sauerstoffgases im Lichte und der wieder erfolgenden Abgabe eines Theiles des Kohlenstoffes und Bildung der Kohlensäure und Verschluckung des Sauerstoffes im Dunkeln vermittelst der Blätter darbietet, dennoch hervor, daß zur Ernährung, Erhaltung und Beförderung des Wachsthumes der Pflanzen die

Digitized by Google

Kohlensäure und das Sauerstoffgas eine Hauptrolle spielen; daß nebst dem Kohlenstoffe in dem Pflanzenfleische auch ein kleiner Antheil von Sauerstoff verbleibt, und daß endlich das Stickstoffgas der atmosphärischen Luft nicht unthätig bei dem Lebensprocesse seyn kann. Für diese beiden letzteren Annahmen fehlen zwar zureichende Gründe, allein sie lassen sich doch als allgemein gültig ansehen, wozu uns im Besonderen der Umstand berechtigt, daß manche Pflanzen Stickstoff enthalten, ohne auf einem Boden zu vegetiren, welcher auch nur einen Körper aufzuweisen hatte, der ihn enthielt, und daß der Stickstoff, überhaupt in der Natur sehr verbreitet, den bei Weitem größten Theil der atmosphärischen Luft ausmacht.

III.

Das Licht in seiner Einwirkung auf Ernährung und Entwickelung der Pflanzen.

Mit den im vorigen Abschnitte erörterten Processen steht die An- oder Abwesenheit des Lichtes in engster Verbindung, woraus sich der große Einfluß desselben auf die Ernährung und das Wachsthum der Pflanzen nach allen Beziehungen ergiebt. Das Licht wirkt auf zweierlei Art: einerseits bedingt es die Verhältnisse der Absorptionen des Sauerstoffes und Entwickelungen der Kohlensäure, andererseits dient es als Reizmittel zur Erhöhung der Lebensthätigkeit und der hieraus folgenden Lebensentwickelung und Beförderung des Wachsthumes. Es scheint sich daher seine Einwirkung sowohl von einer materiellen, aber blos mittelbaren, als dynamischen, unmittelbaren Seite betrachten zu lassen. Hierzu führt die zweifache Ansicht, von der Natur des Lichtes; denn manche Naturforscher sehen es als Materie, als Bestandtheil der Körper an, indem die Zersetzungen und die Veränderungen, welche es in den Körpern hervorbringe, z. B. der Umstand, daß Chlorsilber, welches durch Kochsalz als

Niederschlag aus salpetersaurer Silberauflösung gewonnen wird, statt der zuerst weißen, im Lichte eine violette Farbe annimmt und dann schwarz wird, und manche andere Erscheinungen dafür zu sprechen scheinen; manche andere dagegen sehen es als eine unsichtbar wirkende Kraft an, welche die Lichterscheinungen hervorbringe *).

Dadurch, daß uns das Licht, sey es eine Materie eigener Art, welche von den leuchtenden Körpern nach allen Seiten ausgesendet werde, und aus ungemein feinen Theilchen bestehe, die dem Gesetze der Trägheit, nicht aber dem der Schwere unterliegen, oder eine Kraft, Vorstellungen von entfernten Gegenständen verschafft und uns den größten Theil der Schöpfung kennen lehrt, wird es zwar die größte Wohlthat des Lebens; allein seine Wirkungen, welche es weiter hervorbringt, sind nicht weniger wichtig. Das herrliche Farbenspiel der, vorzüglich unter dem tropischen Himmelsstriche wachsenden Pflanzen, welches sie höchst wahrscheinlich dem intensiveren Sonnenlichte zu verdanken haben, weil sie jenes verlieren, wenn ihnen das Licht entzogen wird; der Verlust der schönen, grünen Farbe der Gewächse, wenn man sie mit undurchsichtigen Körpern bedeckt; die höchst interessante Erscheinung, daß sich die in Zimmern gezogenen Pflanzen stets nach der lichteren Seite wenden, ja sogar starke Beugungen, sogenanntes Knie, machen, um dem Lichte zu begegnen und die vielen chemischen Veränderungen, welche namentlich das Sonnenlicht in verschiedenen Körpern hervorbringt, z. B. die Verwandlung der Salpetersäure in eine salpetrige Säure, ihre Roth- oder Gelbfärbung; die Ausscheidung des Goldes aus seinen Verbindungen theils in metallischer Gestalt, theils als Oxyd von niederem Grade; die Röthung des Phosphors und viele andere Erscheinungen beweisen den ausgedehnten Einfluß des Lichtes auf das Gedeihen der organischen Welt. Oxydirte Körper

*) Mit beiden Ansichten kann ich hier nichts zu thun haben; Lehrbücher der Physik erörtern sie.

werden durch daſſelbe wieder in ihren natürlichen Zuſtand zurückgeführt, wobei der Sauerſtoff meiſtens als Gas erſcheint. Manche andere Wirkungen des Sonnenlichtes kommen übrigens auch auf Rechnung der Wärme, weil ſie ſich auch durch bloſe Wärme ohne Licht hervorbringen laſſen; weswegen man ſie von anderen, bei denen das Licht als ſolches wirkſam iſt, wohl unterſcheiden muß.

Die Proceſſe der Oxydation und Desoxydation der Nahrungsſtoffe der Gewächſe weiſen am Einfachſten und Deutlichſten auf die Ausdehnung und Wichtigkeit der Einwirkungen des Lichtes hin. Verſuche und Beobachtungen beſtätigen vollkommen dasjenige, was man mehrfach durch Sekulationen abgeleitet hat. Man iſt von der Wahrheit überzeugt, daß die wichtigſten Pflanzenſubſtanzen z. B. die Stärke, das Eyweiß, der Kleber und Zucker einzig und allein unter dem Einfluſſe des Lichtes ſich bilden; durch allmählige Abſorption des Sauerſtoffes und Entwickelung der Kohlenſäure werden dieſe Pflanzenkörper ſtets mehr geläutert und zur Ausbildung gebracht. Giebt es nun gleich manche Pflanzen, welche keines gleich ſtarken Einfluſſes des Lichtes bedürfen, und wovon manche nur im Schatten z. B. der Waldungen wachſen, ſo weis man doch aus Erfahrung, daß, wenigſtens die höher organiſirten, blos bei reichlicher Umgebung von Licht gedeihen können; ja es giebt ſehr viele, welche nur unter ſehr ſtarkem Einfluſſe des Sonnenlichtes fortkommen.

Schon beim Keimen übt es einen bedeutenden Einfluß aus, obgleich Ingenhouß gefunden haben will, daß die Samen im Dunkeln ſchneller keimten, als wenn ſie dem Lichte ausgeſetzt wären, und die von Sennebier wiederholten Verſuche dieſelben Reſultate gewährten. Ob man nicht die Verſchiedenheit, welche Samen im Schatten und im Lichte zeigen, weniger einem ſchädlichen Lichteinfluſſe als mehr dem Umſtande zuſchreiben müſſe, daß durch denſelben die Feuchtigkeit zu ſehr vermindert werde, und daß eine zu große Entwickelung der Wärme und hierdurch erzeugte Trockenheit der

Digitized by Google

Samen, zu deren Keimung die Gegenwart von Feuchtigkeit unentbehrlich ist, da ausgetrocknete Samen nicht keimen, die Ursache dieses schädlichen Einflusses sey, scheint durch die Versuche Saussure's ziemlich sicher gestellt zu seyn. Erhalten die Samen den erforderlichen Grad von Feuchtigkeit, so ist selbst der direkte Einfluß des Sonnenlichtes, noch viel weniger der des gewöhnlichen Tageslichtes, ihrem Keimen nicht hinderlich *).

Zur Nachweisung des Lichteinflusses auf die Ernährung der Gewächse glaube ich übrigens den zweckmäßigsten Weg dadurch einhalten und am Sichersten zum Ziele gelangen zu können, wenn ich die Stoffentwickelungen derjenigen Pflanzen, welche im Dunkeln aufwachsen, genau betrachte und die Beobachtungen und Versuche, welche Saussure, Bonnet und v. Humboldt gemacht und angestellt haben, nach ihren Hauptergebnissen zusammenstelle, da sie eines Theils die Art der Vegetation, anderen Theils die fernere Stoffbildung der Pflanzen betreffen, und nach meinen Erfahrungen erläutere. Ich gehe daher gleichsam von der negativen Seite des Lichteinflusses aus, berücksichtige aber die Vegetationsprocesse unter Einwirkung des Lichtes gleichzeitig, um dabei nachzuweisen, wie sehr dasselbe im Allgemeinen die Thätigkeit des vegetabilischen Lebens befördert, und eine um so vollkommenere Assimilirung der Nahrung hervorbringt, je stärker sein Einfluß, besonders zur Zeit des Reifens der Samen ist. In den mit der Wärme gleichzeitig einwirkenden Lichtgraden muß man den Grund der Verschiedenheit der Vegetation und der Zeit ihrer Perioden suchen; z. B. der neblichte Himmel an den Küsten, obgleich an ihnen die Wärme größer ist, hemmt die Fruchtreife; das reine und helle Licht dagegen befördert im Innern

*) Über die Bedingungen der Entwickelungen keimender Samen und Pflanzen verweise ich auf meine Nachweisungen in Kastner's Archiv der Naturlehre XVI. Bd. 4tes Hft. und XVIII. Bd. 1tes Hft.

des Landes, selbst bei einer niedrigeren Temperatur die Fruchtreife.

Vergleicht man die Vegetation der im Finstern befindlichen Pflanzen mit den Erscheinungen, welche die unter freiem Einflusse des Lichtes lebenden sowohl in Bezug auf ihre Beschaffenheit, als auch auf ihre Ausbildung darbieten, so findet man, daß die Blattbildung jener unvollkommen, die Gliederbildung aber sehr in die Länge gezogen ist *). Junge Schläge, wenn sie sehr dicht bewachsen sind, bieten ähnliche Erscheinungen dar: denn in ihnen ist das Wachsthum in die Höhe sehr vorherrschend, hört aber bald auf, wenn sie ausgelichtet werden; es folgt ihre Verzweigung und Verflächung.

Die im Dunkeln vegetirenden Pflanzen erhalten ein vom Wasser aufgedunsenes Aussehen, werden durchscheinend und bleich, haben weder grüne Farbe, noch können sie zum Blühen kommen und ihre Brennbarkeit wird vermindert. Sie wachsen zwar schneller, wozu die große Menge von Kohlensäure, welche sich an einem Orte um so mehr anhäuft, je geringer bei Pflanzen die Einwirkung des Lichtes ist, wodurch dennoch die wesentlichsten Ernährungsverhältnisse in ihrer Harmonie gestört werden, das Meiste beiträgt; allein ihre Ausdünstung ist in demselben Grade geringer, als die sie umgebende atmosphärische Luft feucht ist.

Die unter dem Einflusse des Sonnenlichtes wachsenden Pflanzen sind im Allgemeinen nahrhafter und das Holz der Waldgewächse, welches in gelichteten gegen Mittag liegenden Schlägen gewonnen wird, besitzt eine bessere Hitzkraft, weil in diesem Falle die Pflanzenbildungstheile sich kräftiger entwickeln können. Besonders verlangen jenen diejenigen Pflan-

*) Im Dunkeln oder im Lichte vegetirend behält zwar die Pflanze ihre vertikale Richtung; allein in jenem Falle verlängert sie sich fast ohne Verzweigung und Verflächung nur fadenförmig; blos der Einfluß des Sonnenlichtes bringt, wie bei den Baumstämmen, eine Verbreitung der Äste und Zweige hervor.

Digitized by Google

zen, welche sehr reich an Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor und Metallen sind. Das Licht wirkt, gleich der Wärme, als eine chemische Potenz, befördert Verbindungen und trennt Zusammensetzungen. Die Pflanzen selbst scheinen sich mit dem Lichte chemisch zu verbinden; ein Proceß, welcher durch den besonderen Umstand, daß die im Finstern wachsenden Pflanzen die grüne Farbe nicht erhalten, oder dieselbe verlieren, wenn ihnen das Licht geraubt wird, und durch das Bleichwerden derselben vollkommen bestätigt werden dürfte.

Das unaufhörliche Streben der Blätter und Stengel, nach der Sonne, der Hauptquelle des Lichtes und der Wärme, sich hinzuneigen und auszubreiten, giebt am Deutlichsten zu erkennen, wie wichtig der Einfluß des Lichtes auf die Wachsthums-Beförderung der Pflanzen ist. Für die erste Keimentwickelung ist zwar wegen zu starker Entziehung der Feuchtigkeit ein großer Lichtreiz schädlich; allein hiermit ist nicht die Bedingung ausgesprochen, als schade diesem Processe das Licht *). Wachsthum und Reifen der Pflanzen hängen von dem Einflusse des Sonnenlichtes wesentlich ab, wie sowohl die tägliche Erfahrung, als auch die Versuche Saussure's, welcher von zwei Pflanzen, die eine unter einem dunklen, die andere unter einem durchsichtigen Recipienten wachsen ließ, hinreichend beweisen. Die unter letzterem befindliche war nach einiger Zeit nicht allein kräftiger, sondern auch voluminöser, woraus folgt, daß der Einfluß des Lichtes sowohl auf die innere als äussere Bildung der Pflanzen, d. h. sowohl auf die Bildung der eigenthümlichen Pflanzenstoffe als auch auf das Wachsen in die Länge und Dicke sich bezieht.

Der Einfluß selbst giebt sich entweder bewegend, also mechanisch, oder chemisch zu erkennen; in jenem Falle vermehrt es die innere fühlbare Wärme und Cohärenz der Faser; in diesem bringt es sehr mannigfaltige Veränderungen hervor.

*) Ich verweise für diese Keimentwickelungs-Verhältnisse auf einen Aufsatz in der Forstzeitung von Behlen 1829 December und 1830 April und Mai.

Nach Ritters *) Versuchen breiten sich die Blättchen an Mimosen allmählig aus, sobald sie dem Einflusse des rothen oder gelben Lichtstrahles ausgesetzt sind; dagegen legen sie sich unter dem des violetten und blauen zusammen. Der vorzüglichste Einfluß besteht übrigens in der Entsäuerung, wie Placidus Heinrich **) hinreichend gezeigt hat; durch die rein-chemische Wirkung desselben werden sowohl alle permanent elastischen und tropfbaren als auch concreten Säuren geschwächt und verlieren dadurch an ihrem Sauerstoffgehalte. Dieser ausgezeichnete Naturforscher Bayerns hat aus vielen Beobachtungen und Versuchen gefunden, daß das Licht im Allgemeinen alle oxydirten Gasarten schwächt oder entsäuert; alle Metallauflösungen in Säuren von ihren Auflösungsmitteln wieder trennt; manche Metalloxyde reducirt und daß sich alle Wirkungen des Lichtes für die ganze Pflanzenwelt darauf zurückführen lassen, die Körper allmählig von ihrem Gehalte an Säure, wenigstens von dem größten Theile derselben, zu befreien.

Aus dieser allgemeinen Eigenschaft des Lichtes, welche seine chemische Einwirkung auf den Vegetationsproceß im Allgemeinen bezeichnet, läßt sich sehr bestimmt folgern, daß

---

*) Gehler's Journal. 6ter Band. Seite 472.

**) Phosphoreszenz der Körper, Nürnberg bei Schrag, 1811. S. 78. Er hat besonders in seiner Petersburger Preisschrift, durch sehr vollständige Induktionen diesen wichtigen chemischen Einfluß des Lichtes auf die Pflanzenwelt auseinandergesetzt und darin nicht allein die im Allgemeinen angegebenen Sätze wegen der entsäuernden Kraft des Lichtes, sondern auch noch bewiesen, daß in vielen Fällen, wo die Säuerung des einen Körpers mit der Entsäuerung eines anderen begleitet ist, letztere häufig vom Lichte bewirkt wird. Diesen chemischen Lichteinfluß nach den Ergebnissen von Heinrich im Besonderen zu verfolgen und hier und da zu verbessern, kann meine Absicht nicht seyn; ich verweise auf die beiden Schriften desselben, mich mit diesen wenigen Hauptsätzen begnügend.

Digitized by Google

es die bedingende Ursache zur Entwickelung des Sauerstoffgases durch die grünen Pflanzentheile ist, eine Erscheinung, welche, wie Erfahrung und Beobachtung zeigen, schon beim schwachen Lampenlichte vor sich geht *). Es enthält den zureichenden Grund, warum sich die sogenannte Priestley'sche grüne Materie bildet, und bahnt uns den Weg zu der Erklärung, warum der Phosphor aus seinen Auflösungen in verschiedenen Gasen gefällt wird; es befördert die Bildung des Phosphorgases aus Chlorgas und Kohlenoxydgas und enthält überhaupt die bald nähere bald entferntere Bedingung zu unzählig vielen Erscheinungen in der Natur. Es ist ein durch die ganze Natur verbreitetes Auflösungsmittel, dessen Hauptstreben sowohl für die anorganische als lebende Natur auf Entziehung der Säuren aus den Körpern geht, und ist gleichsam der Hebel, durch den in der atmosphärischen Luft das Gleichgewicht zwischen Stickstoff und Sauerstoff nebst einigen anderen in geringer Quantität vorhandenen Größen erhalten wird. Sein unaufhörliches Streben nach Entsäuerung der Pflanzenkörper, nach Entwickelung und Zersetzung der Gase, welche für das Reifwerden der Früchte als Haupterfordernisse sich darstellen, geben uns unzählig viele Beweise

*) Obgleich Flechten und Schwämme unter allen Umständen blos Sauerstoff aufnehmen, und Kohlensäure aushauchen, welche bei den Schwämmen zugleich mit Wasserstoffgas verbunden ist; obgleich dieselben in mäßigem und schwachem Lichtgrade, ja selbst im Dunkeln freudiger wachsen als unter starker Lichteinwirkung und unter Andern John dargethan haben will, daß ein Wachsthum auch im tiefsten Dunkel möglich sey, so ist dasselbe doch höchst unvollständig und der Reiz des mittelbar und unmittelbar einwirkenden Sonnenlichtes kann durch erhöhete Temperatur gar nicht, und nur sehr unvollständig durch künstliches Licht und Wasserstoffgas ersetzt werden. v. Humboldt zeigt in seinen Aphorismen, daß durch künstliches Lampenlicht und Umgebungen der Pflanzen mit Wasserstoffgas die Entsäuerung der Pflanzen zwar vor sich gehe, aber nur sehr langsam und in geringem Grade.

Digitized by Google

für den wichtigen chemischen Einfluß, den es auf die Ernährung und das Wachsthum der Pflanzen ausübt.

Es bewirkt die Ausscheidung des Sauerstoffes aus den grünen Pflanzentheilen, die Verähnlichung der Säfte und die Herstellung der normalen chemischen Zusammensetzung des vegetabilischen Körpers. Die Frucht, so lange sie noch nicht gereift ist, und eine grüne Farbe hat, hält die Respiration der grünen Pflanzentheile ein; hierzu gehört die Einwirkung des Sonnenlichtes. Nach Linne und Anderen reifen die Früchte in Lappland weit schneller, als es die daselbst stattfindende Wärme der atmosphärischen Luft und des Bodens erwarten läßt. Der nächste Grund liegt unfehlbar zum großen Theile in der 24stündigen täglichen Lichteinwirkung; denn jener Naturforscher bemerkt, daß die Gerste in 58 und der Roggen in 66 Tagen geärntet würde. Obstbäume, Mais und der Wein gedeihen noch auf Höhen, bei welchen man nach thermometrischen Beobachtungen in der Luft vermuthen sollte, daß für die Kultur der genannten Pflanzen die Temperatur viel zu niedrig sey. Allein auf den Gebirgen und in der trocknen oder verdünnten Luft ist die Trübung des Sonnenlichtes weit geringer als in den Ebenen, und bei feuchter oder dichter Luft; in diesem Umstande muß man auch den Grund jener Erscheinung suchen.

Bei umwölktem und trübem Himmel ist die Ausdünstung der Pflanzen äußerst gering; bei heiterer und heller Witterung aber ist sie sehr beträchtlich; bei Tag größer als bei Nacht und hört in der Finsterniß ganz auf. An derjenigen Seite eines Baumstammes, an welcher das Sonnenlicht anhaltend einwirkt, ist die Ausdünstung viel stärker als an der dem direkten Einflusse der Sonne entzogenen. Jene Seite ist daher immer trockener und kohlenstoffreicher als die letztere. Dieses Verhältniß kann der Forstwirth an denjenigen Schlägen beobachten, deren Stämme an der nördlichen Seite, wo sie wenig Lichtgenuß haben, gewöhnlich feuchter als an der südlichen, und welche wegen jener Feuchtigkeit mit Moosen

Digitized by Google

überkleidet sind, was sich an der südlichen Seite nicht findet. Das im südlichen Theile eines Waldes gefällte Holz ist bekanntlich weit brennbarer als das aus dem nördlichen, woraus folgt, daß die Ausdünstung der Bäume an der Lichtseite des Waldes am Beträchtlichsten ist. Ähnlich verhält es sich mit den mehr oder weniger dem Einflusse des Sonnenlichtes ausgesetzten Früchten.

Es gehört nicht zu den Seltenheiten, daß im südlichen Frankreich bei Höhen von 2400 par. Fuß noch Wein gebaut wird, während unter demselben Breitegrade aber auf den Ebenen die Kulturgegend um kaum 4 Breitegrade vorrückte, so daß nach v. Humboldt *) eine Höhe von 300 Fuß einem halben Breitegrade entspricht. Auf diesem verschiedenen Verhältnisse der Licht- und Wärmegrade, welche gleichzeitig auf die Vegetation im Allgemeinen und auf das Reifen der Früchte im Besonderen in einem bestimmten Klima einwirken, beruhen einzig und allein die auffallenden Verschiedenheiten in der Kultur des Weinstockes, des Pfirsichbaumes und mehrerer anderer Obstbäume in den Gegenden von London und Paris, welche man aus den Zahlenverhältnissen der Temperaturen während des Winters und Sommers an beiden Orten durchaus nicht erklären kann.

Nach v. Humboldt **) erzeugen die Sonnenstrahlen in dem Parenchyme der Pflanzen und überhaupt im Innern der Früchte selbst eine gewisse Wärme, die grünen Früchte hauchen im Sonnenscheine Sauerstoffgas aus; je mehr sie sich aber färben, d. h. je mehr sie sich der Reife nähern, desto mehr verlieren sie diese Eigenschaft. Die Erfahrungen von Gay-Lussac und Thenard, daß im Sonnenlichte Wasserstoffgas und Chlorine verbrennen, während reflectirtes Licht jene Wirkung nicht hervorbringt, lassen vermuthen, daß die Wirkung des Lichtes auf die Pflanzen ähnlich sey. Hiermit

*) In dem Werke: Lign. isotherm. p. 86.
**) Am angef. Orte.

Digitized by Google

stimmen noch die Erfahrungen überein, daß die Pflanzen im kalten Lichte stärker ausdunsten als im warmen Schatten, woraus folgt, daß durch das Licht im Innern der Pflanzen der Vegetationsproceß stark angeregt wird.

Wie sehr durch die Einwirkung des Lichtes die Ausdünstung befördert wird, und wie viele von einander oft sehr abweichende Veränderungen das Licht in dem Pflanzenreiche hervorbringt, lehrt die tägliche Erfahrung. Die im Dunkeln wachsenden Pflanzen geben dieses vorzugsweise zu erkennen. Der Forstwirth beobachtet, wie in jungen Schlägen die Bäumchen in Folge des Mangels an direktem Lichteinflusse, wenn nicht gerade zu Grunde gehen, doch in ihrem Wachsthume im Vergleiche mit anderen sehr zurückbleiben. Er beobachtet, wie das Licht die Macht des Zusammenhanges erhöht, und eben so sehr vermindert, wenn die Pflanzen abgestorben sind: es befördert auf der einen Seite die Entwickelung des Wachsthumes, auf der anderen in demselben Grade die Verwesung der Vegetabilien. Er bemerkt, wie es überhaupt als Reizmittel wirkt, von den Gewächsen gleichsam assimilirt wird und im Innern derselben Bewegungen hervorbringt und unterhält, welche durch keine andere Kraft auf dieselbe Weise bezweckt werden könnten. Der chemische Einfluß erstreckt sich noch auf viele Verhältnisse und bietet uns die Gründe dar, zu erklären, wie es als Auflösungsmittel bei der Zersetzung des Wassers und kohlensauren Gases wirkt, und wie es bei der Bildung und Ausscheidung des Sauerstoffgases und bei vielen anderen Verbindungs- und Zersetzungsprocessen ein vorzüglich wirksamer Faktor ist.

Eben so interessante und für den Ernährungsproceß sehr beachtungswerthe als belehrende Verhältnisse bietet es dadurch dar, daß durch seinen Einfluß der Wasserstoff und Kohlenstoff in der Pflanze selbst gleichsam gebunden wird, um z. B. die Säfte zu Öl und Harz zu verdichten, und einen im strengsten Sinne des Wortes verbrennlichen Körper zu bilden. Ohne Licht ist keine höhere Vegetation denkbar; ohne seine wohl-

Digitized by Google

thätige Einwirkung kann keine höher organisirte Pflanze, wenn sie nicht siech werden, ausarten und verderben soll, zu einem fröhlichen Gedeihen gelangen. Sollten sich etwa von diesem allgemeinen Erfahrungssatze Ausnahmen finden, so möchten dieselben einfach sich aus mancherlei Nebenverhältnissen erklären lassen, welche ihren entfernteren Grund doch in dem, wenn nicht gerade unmittelbaren, wenigstens mittelbaren Einflusse des Lichtes haben. Wenn es auch gemäß mancher Beobachtungen und Erfahrungen durch seine allgemeine Eigenschaft, die Körper zu phosphoresciren, sowohl auf den Boden im Allgemeinen, als auf dessen besondere Bestandtheile mächtig einwirkt, so zeigen doch dieselben Beobachtungen, daß seine Einwirkung auf das Wachsthum der Pflanzen, man mag sie mechanisch oder chemisch betrachten, noch weit wichtiger ist. Jeder Tag des Frühlings, Sommers und Herbstes liefert hierzu die sprechendsten Belege.

Nimmt man unter den vielen Erscheinungen, welche der Einfluß des Lichtes wesentlich bedingt, die höchst interessante Färbung der Blätter im Herbste, welche als alleinige Folge von jenem und von der Einwirkung der atmosphärischen Luft angesehen werden muß, so erhält man eines der herrlichsten Schauspiele der Natur. Der Anblick der mannichfaltigen und glänzenden Farben, mit denen sich das Laub im Herbste oft schnell schmückt, muß bei Jedermann Erstaunen, ja Verwunderung erregen. Nachdem die Pflanze unter dem Einflusse der äusseren und inneren Nahrungsverhältnisse das ganze Jahr hindurch fröhlich heranwuchs, und ihre Früchte zur Reife brachte, scheint es, als wolle die Natur, nachdem sie die Augen der Menschen bei vollem Sonnenglanze durch einen sanften und beinahe gleichförmigen Farbenspiegel geschont hat, die letzten, ihr noch übrigen Momente unter Entwickelung ihrer ganzen Kraft benutzen, um z. B. einer Waldfläche die reichsten und verschiedenartigsten Farben zu geben und mit diesem glänzenden Schauspiele die Reihe der jährlichen Erscheinungen der Vegetation zu beschließen. Niemand

Digitized by Google

kann bezweifeln, daß diese Farbenveränderung der Blätter von einer Fixirung des Sauerstoffes und einer Art von Säuerung herrührt; zu diesen Erscheinungen tragen aber Licht und atmosphärische Luft wesentlich bei, mithin muß man ihrem Einflusse auch die Ursache jener Erscheinung zuschreiben. Manche Physiologen, deren Aufmerksamkeit diese so merkwürdige Veränderung anzog, stellten hierüber Hypothesen auf, welche auf wenig zureichenden Gründen beruheten, und verfehlten den Zweck dadurch, daß sie dieselbe mit dem Abfallen der Blätter in Verbindung brachten *).

Daß das Licht einen großen Einfluß auf diese Färbung äußern müsse, erkennt man an dem Umstande, vermöge dessen bei Blättern, welche sich im natürlichen Zustande zufällig bedecken, der dem Sonnenlichte blos liegende Theil stets

*) Unter Andern hat Lamark in der herbstlichen Färbung der Blätter nur einen krankhaften Zustand und Sennebier eine Verderbung oder Verringerung ihrer Nahrungssäfte sehen wollen, welche den Fall derselben durch Lähmung ihres oberen Netzes vorbereite. Hinsichtlich dieser letzteren Erklärungsart läßt sich im Allgemeinen wohl nicht läugnen, daß dem Falle oft eine Veränderung der Farbe der Blätter vorausgeht; allein es giebt doch viele Beispiele, wo dieselben grün abfallen und andere, wo sich ihre Farbe ändert, ohne abzufallen.

Nach der Meinung vieler, vielleicht der meisten Physiologen, soll diese Farbenveränderung als ein anfangendes Absterben zu betrachten seyn. Besser aber dürfte sie für eine Lebenserscheinung der Pflanzen, für eine Folge der fortgesetzten Wirkung derselben Agentien, welche die übrigen Verrichtungen der Pflanzen leiten, anzusehen seyn. Bekanntlich stellt sie sich am Ende des Sommers oder im Laufe des Herbstes ein; die Farbentöne selbst gehen mit Ausnahme weniger in gelbe oder rothe Nüancen über; die grüne Farbe verschwindet gewöhnlich im Blatte nur allmählig und viele Blätter werden hier und da gelb; an den Rändern und Spitzen beginnt die Umänderung meistens; die Rippen und anliegenden Theile des Zellgewebes behalten ihre grüne Farbe am Längsten. Gilbert's Annal. 90ster Bd. Seite 517.

Digitized by Google

schneller und stärker gefärbt ist, als der andere, welcher eine Bedeckung bildete. Um aber zu einem zuverlässigen Resultate zu gelangen, suchte man zu ermitteln, ob die Erscheinung auch im Finstern stattfinde, wenn man entweder ganze Zweige oder Theile der Blätter gegen die Einwirkung des Lichtes schützte. Die hierüber angestellten Versuche gaben zu erkennen, daß in diesem Falle die Farbenveränderung verhindert werde; denn hielt man den ganzen Zweig im Finstern, so fielen die Blätter grün ab; schützte man das Blatt aber nur zum Theile, so färbte sich der Rest des Zellgewebes, und der bedeckte Theil behielt seine ursprüngliche Farbe. Zugleich erkennt man aus allen Beobachtungen, daß während des ganzen Hergangs der Erscheinung die Einwirkung des Lichtes durchaus nothwendig ist; denn man hat aus Versuchen wahrgenommen, daß Blätter, oder Theile derselben, welche vor der Röthung gelb sind, gelb abfielen, wenn man sie gegen das Licht schützte; oder daß der bedeckte Theil diese Farbe behielt, während das Übrige sich röthete.

Aus diesen Thatsachen erkennt man, daß das Licht auf die Färbung der Blätter nicht allein sehr großen Einfluß ausübt, sondern daß seine Wirkung bei allen Stufen derselben nothwendig ist. Daß aber nicht das Licht für sich allein diese Erscheinung hervorbringt, sondern auch die atmosphärische Luft wesentlich dazu beiträgt, hat man aus Versuchen gefunden; denn nach ihren Ergebnissen entwickeln die bereits gefärbten Blätter im Sonnenlichte kein Sauerstoffgas, wie schon Sennebier entdeckt hat. Auch hat man wahrgenommen, daß die Blätter mit der Entwickelung von Sauerstoff im Sonnenlichte aufhören, sobald sie entweder theilweise gefärbt sind, oder anfangen, ihre Farbe zu verändern und daß solche Blätter, welche sich zur herbstlichen Färbung hinneigen, während der Nacht in stets abnehmender Menge mit dem Grade der fortschreitenden Färbung Sauerstoff einsaugen. Aus diesem letzteren Umstande läßt sich folgern, daß die Farbenverände-

Digitized by Google

rung von der Fixirung des Sauerstoffes in dem Farbestoffe des Blattes herrührt *).

Wenn nun in diesen letzten Lebensmomenten der Blätter das Licht und der atmosphärische Sauerstoff einen so ausgedehnten Einfluß ausüben, so läßt sich als ganz zuverlässig folgern, daß die Einwirkung des ersteren auf die Lebensverrichtungen der Pflanzen noch viel großartiger seyn muß; es erscheint als Hauptfaktor der sämmtlichen Pflanzennahrungsverhältnisse, sie mögen sich aus dem Boden oder aus der atmosphärischen Luft ergeben. In Bezug auf jene wirkt es mittelbar, indem es durch die verschluckten Lichtstrahlen den Boden erwärmt, ja selbst entsäuert; in Bezug auf diese aber mehr unmittelbar, wie die chemischen Einwirkungen beweisen, da Öle, Harze, Eyweiß, Kleber, Stärke und Zucker unter dem Einflusse des Lichtes gebildet, die den Pflanzen zur Nahrung dienenden Stoffe, sie mögen materieller oder gasförmiger Beschaffenheit seyn, durch seinen Einfluß wesentlich verändert und im Innern der Pflanzen selbst zur Assimilation bedingt werden. Betrachtet man die künstlichen Darstellungen der organischen und anorganischen Körper, vorzugsweise die der organischen Stoffe; dann sowohl die der stickstofffreien als stickstoffhaltigen organischen Säuren, der Öle, und anderer Pflanzenstoffe während des chemischen Herganges, so wird

*) Daß die Blätter eine eigenthümlich grüne Substanz, Färbestoff, besitzen, haben Pelletier und Caventou nachgewiesen, und an ihr besondere Eigenschaften entdeckt, weswegen sie dieselbe unter dem Namen „Chlorophyle“ zu den näheren Produkten des Pflanzenreichs zählten. Da man aus den noch grünen Blättern eines Baumes nach einem und demselben Verfahren dieselbe grüne Substanz, wie an gefärbten Blättern, mit denselben Eigenschaften findet, die eine nur grün, die andere gelb und die erstere in fetten und ätherischen Ölen löslich, die letztere aber in diesen Flüssigkeiten unlöslich ist, so kann man mit viel Zuverlässigkeit diese Substanz für den Sitz der Farbenveränderung der Blätter halten. Gilbert's Annal. 90ster Bd. Seite 520.

Digitized by Google

man leicht überzeugt, daß ohne Einfluß des Lichtes das Pflanzenwachsthum unmöglich ist.

Die verschiedenen Eigenschaften des Lichtes, gemäß welcher es auf der einen Seite die Körper oxydirt, auf der anderen aber desoxydirt, lassen jeden aufmerksamen Beobachter aus einfachen Ergebnissen und richtigen Schlüssen die Wahrheit erkennen, daß man auf den Lichteinfluß hinsichtlich der Verwandlung der Öle in Harze sehr viel rechnen muß. Die Harze, welche besonders im Holze und der Rinde vieler Bäume, in der Wurzel, in den Blättern und in den Samenbehältern enthalten sind, werden nämlich unter dem Einflusse des Lichtes und der atmosphärischen Luft durch die Zersetzung der flüchtigen Öle vermittelst des Sauerstoffes gebildet, nachdem sie zuerst in ein Gemisch von Öl und Harz und zuletzt in reine Harze verwandelt worden sind.

Wenn Licht und atmosphärische Luft (Sauerstoff) die Veränderung der Farbe der Blätter bedingen; wenn unter ihrem Einflusse die vorzüglichsten Pflanzenstoffe, und namentlich der Holzstoff, welcher ohne Zweifel unter anderen Gestalten, als die Pflanzenfaser vorhanden ist, und wirklich das Gerippe der Bäume auszumachen scheint, auf welchem die meisten Vegetationsprocesse vor sich gehen, gebildet werden, so muß man auch die Art und Weise, wie die Pflanzen die Harze ausscheiden, wie aus ihnen kohlensaures Gas, Kohlenwasserstoffgas, ölgebendes Gas, brenzliches Öl, säuerliches Wasser und andere Substanzen sich entwickeln, und viele andere Veränderungen, welche diese und andere Pflanzenstoffe erleiden, der Einwirkung dieser Medien fast ausschließend zuschreiben. Man wird von ihren Wirkungen noch mehr überzeugt, wenn man auf chemischem Wege untersucht, wie sich in den Wurzeln, Hölzern, Rinden, Blättern, Blumen und Früchten der farbige Extraktivstoff bildet; wie sich das Gelbholzgelb; das Gelb des Safrans, Saflors; der rothe extraktive Farbestoff; der Karminstoff, das Fernambukroth, das Blauholzroth und die vielen anderen Pflanzenstoffe bilden. Stets

Digitized by Google

wird man das Licht und die atmosphärische Luft die Hauptrolle spielen sehen; sämmtliche Stoffe würden ohne dasselbe in einem sehr wenig brauchbaren Zustande vorkommen.

Für die Entstehung des eisenblaufällenden Gerbestoffes in den Rinden der Eichen und Weidenarten; in den Buchen, Pappeln, Birken, Haselnüssen, Kirschbäumen und anderen Gewächsen muß man vorzüglich den Einfluß des Lichtes und der atmosphärischen Luft als Erklärungsmittel auszeichnen, wenn man anders die wahren Ursachen kennen lernen will. Doch ist man nicht im Stande, sämmtliche während dieser Bildungen im Innern der Pflanzen vorgehenden Processe zu erklären und bestimmt nachzuweisen, wie die Pflanzen aus dem Stickstoffe, Kohlenstoffe, Sauerstoffe, Wasserstoffe; aus dem Schwefel, Kali, Natron und anderen Nahrungsstoffen z. B. die Holzfaser, die Pflanzensäuren, das Eyweiß, die Stärke und andere Bildungstheile durch Verarbeitungen hervorzubringen.

Die oxydirende und desoxydirende Eigenschaft des Lichtes läßt uns wohl für den größten Theil dieser Bildungen, wenn man die Luft und Wärme zu Hülfe nimmt, Erklärungsweisen auffinden; allein sie sämmtlich zureichend und bestimmt nachzuweisen, möchte wohl unmöglich seyn. Das Licht, welches als eine absolute Bedingung der Sauerstoffaushauchung betrachtet werden muß, spielt natürlich für alle Processe die wichtigste Rolle, und ist diejenige unsichtbar wirkende Kraft, ohne welche die ganze Natur ewig unthätig bleiben würde. Hiermit sey aber nicht gesagt, als hänge die Aushauchung des Sauerstoffes einzig und allein vom Einflusse des Lichtes ab; es giebt wohl noch andere Verhältnisse, welche dieselbe anregen. Wäre dieses nicht der Fall, so würde man die Beobachtung, welche schon Ingenhouß machte, und auch durch Versuche bestätigt fand, wornach nämlich Blätter, welche im Wasserstoffe eingeschlossen sind, Sauerstoff aushauchen, und sogenannte Knallluft bilden, nicht erklären können.

In Ansehung sämmtlicher Versuche, welche wegen des

Verhaltens der unter Wasser liegenden Blätter von Pflanzen durch Sennebier, Spallanzani, Ruhland, Saussure und andere Naturforscher angestellt wurden, hat man gefunden, daß sie unter diesen Verhältnissen Sauerstoffgas entwickeln und dasselbe ein Produkt der organischen Verarbeitung der Kohlensäure ist, deren Kohlenstoff von der Pflanze zurückgehalten, deren Sauerstoff aber wieder ausgehaucht wird; daß also die Blätter das Sauerstoffgas nur durch Zersetzung des in ihnen enthaltenen Holzsaftes oder der Kohlensäure, welche sie aus dem Wasser absorbiren, erzeugen. Auch hat man während dieser Beobachtungen wahrgenommen, daß die unter Wasser liegenden Blätter während des Frühlings, wo die Absorption des Sauerstoffes und die Anregung der Vegetation im Allgemeinen am Stärksten ist, eine größere Menge Sauerstoff geben, als im Herbste. Noch mit den Pflanzen zusammenhängende Blätter geben nach Sennebiers Beobachtungen, so lange die Vegetationskraft dieselbe ist, gleich viel Sauerstoff *).

---

*) Diese verschiedenen Verhältnisse, welche die unter Wasser liegenden Blätter in Bezug auf die Absorption und Aushauchung des Sauerstoffes darbieten, wurden durch mehrfach abgeänderte Versuche von oben genannten Naturforschern weitläufig entwickelt. Spallanzani beobachtete, daß die Blätter fleischiger Gewächse in einem Wasser, welches vermittelst Kalkwassers von aller Kohlensäure befreit war, noch Sauerstoff gegeben haben. Die Erscheinung selbst rührt übrigens, wie Sennebier (Phys. veget. tom. III. p. 186) gezeigt hat, von der in den Blättern selbst sich befindenden Kohlensäure her, welche die fleischigen Blätter überhaupt in ihrem Parenchyme zurückhalten.

In dem Wasser selbst vermindert sich die Kohlensäure in demselben Grade, in welchem die Entbindung des Sauerstoffes vor sich geht; in kohlensaurem Wasser liefern die Blätter eine gewisse Menge Sauerstoff, wenn sie aus gekochtem Wasser genommen werden; auch die im Quellwasser liegenden Blätter liefern Sauerstoffgas, weil in ihm Kohlensäure enthalten ist, wie die Bewässerung der Wiesen beweist, indem besonders der Kohlensäure der

Ohne Zersetzung der Kohlensäure ist, wie die im Dunkeln aufwachsenden und theilweise auch die im Schatten ste-

---

üppige Graswuchs zuzuschreiben ist. Im Allgemeinen folgt aus den Versuchen und Beobachtungen, daß die unter solchen Verhältnissen sich ergehende Sauerstoffmenge der Menge von Kohlensäure nur so lange proportional ist, als die Vegetationskraft durch die Concentration dieser Säure nicht gehemmt, und in krankhaften Zustand versetzt oder überreizt wird. Da auch todte Pflanzen- und Thierkörper, wenn sie unter Wasser liegen, besonders bei Temperaturveränderungen, welche die Körper treffen, Luftblasen entwickeln, so muß man die bei den Pflanzenblättern sich entwickelnden Luftblasen wohl von denen unterscheiden, welche durch die Lebensthätigkeit der Blätter selbst hervorgebracht werden.

Auch hat man beobachtet, daß, wenn die Lebenserregung der Blätter, welche von verschiedenartigen äusseren und inneren Bedingungen abhängt, dann, wenn sie viel Holzsaft eingesogen haben, sehr stark ist, natürlich auch die Menge der ausgehauchten Luft nach Verhältniß jener Lebenserregung bedeutend größer ist, in demselben Verhältnisse abnimmt, in welchem jene allmählig schwächer wird, und die Pflanze bei Ermangelung derselben abstirbt. Zugleich hauchen Blätter, welche von der Pflanze abgeschnitten waren, unter Einwirkung des Sonnenscheines, wodurch namentlich bei den Waldbäumen die Einsaugung des Holzsaftes wesentlich befördert wird, mehr Sauerstoff aus, als wenn sich die unversehrte Pflanze noch längere Zeit im Schatten befunden hätte.

Die Sauerstoff-Entbindung scheint hiernach nicht durch die Zersetzung des Wassers zu entstehen, weil, wie Versuche gezeigt haben, in reinem und destillirtem Wasser kein Gas entwickelt wird. Die im Wasser vorhandene Kohlensäure wird nämlich von den Blättern unmittelbar eingesogen und zersetzt; von diesen wird selbst diejenige Kohlensäure noch zersetzt, welche durch das Holz mit dem Holzsafte zu ihnen gelangt, wodurch ein Proceß entsteht, der für die Ernährung der Gewächse überhaupt und für die Forstpflanzen im Besonderen höchst wichtig ist. Zugleich läßt sich aus Sennebier's Versuchen noch folgern, daß die Pflanzen auch Gallusäure assimiliren, wodurch die Blätter die besondere Fähigkeit erhalten, Sauerstoff auszuhauchen, weil diese Säure, als Bestandtheil von solchen Pflanzen, welche eisenbläuenden Gerbestoff enthalten, wie dieses am Häufigsten bei den Eichen

Digitized by Google

henden Pflanzen beweisen, kein besonders fröhliches Wachsen und Zunehmen der Pflanzensubstanz möglich, weil der Kohlengehalt derselben in Form von Kohlensäure oder ähnlicher Kohlenstoffbildungen in die Pflanzen als Nahrung gelangt. Der zur Bildung der Säuren in den Pflanzen verwendete Sauerstoff aber muß, wenn nicht gerade ganz, doch größtentheils wieder ausgeschieden werden; die Ausscheidung selbst aber geschieht in Folge des Licht- und Lufteinflusses, mithin ist die Einwirkung des Lichtes mit der Aushauchung des Sauerstoffes gleich nothwendig und wichtig. Indem des Nachts von den Pflanzenblättern, und in Folge vieler anderer Verhältnisse, eine, man darf sagen, unermeßliche Menge von Kohlensäure erzeugt wird, von welcher manche Naturforscher, namentlich Grischow *) glauben wollen, als könne sie, weil sie mit den Blättern nicht in Berührung stehe, am Tage nicht wieder zersetzt werden, so möchte man daraus folgern, als müsse die Menge derselben bedeutend vermehrt werden; allein die langen Tage während des Sommers erscheinen als dasjenige Mittel, welches, wenn man die Summe und Dauer der Lichteinwirkungen gegen die alsdann stattfindende kurze Dunkelheit in Erwähnung zieht, jeden überzeugt, daß die damit im Verhältnisse stehende Sauerstoffaushauchung gegen die Absorption desselben sehr vorherrschen muß.

Obgleich die Zersetzung der Kohlensäure vorzugsweise durch den Einfluß des Lichtes, die Absorption des Sauerstoffes aber durch die Finsterniß begünstigt wird, so kann das Verhalten der fleischigen abgesonderten Blätter und Pflanzentheile in welchen das Leben der Pflanzen selbst vorzugsweise con-

---

und Galläpfeln der Fall ist, in ihren chemischen Bestandtheilen mit der Kohlensäure mehrfach übereinstimmt. Diese Erscheinungen der unter Wasser liegenden Blätter bieten für die Absorptionen und Aushauchungen des Sauerstoffes verschiedene Gründe dar, ohne welche man manche Umstände nicht erklären könnte.

*) Athmen der Gewächse ꝛc. Seite 22.

Digitized by Google

centrirt zu seyn pflegt, doch nicht mit den dünnen Blättern anderer Pflanzen verglichen werden. Auch will es scheinen, daß im Finstern, wenn gleich eine geringere Menge Sauerstoff ausgeschieden werden kann, jene Verhältnisse der Kohlensäure und des Sauerstoffes, aber wesentlich von einander abweichend, stattfinden *). Aus den hierüber angestellten Beobachtungen hat man hinsichtlich der im Dunkeln vegetirenden Pflanzen noch gefunden, daß ihre Stengel und Blätter auf der Stufe der Holzsaftbildung oder überhaupt des Wurzellebens, sowohl in Ansehung ihrer Form, als ihrer Stoffentwickelung stehen bleiben. Diese Erscheinung muß man als eine aus Lichtmangel entstandene natürliche Folge des gestörten Lebensprocesses ansehen; denn die Pflanzen können eines Theils wegen der Feuchtigkeit des Bodens, anderen Theils wegen der der atmosphärischen Luft durch ihre Blätter nur wenig oder gar nicht ausdünsten, also sich durchaus nicht ausbilden.

Auch geben noch andere Resultate von Versuchen zu erkennen, daß die im Dunkeln wachsenden Pflanzen nur selten Früchte tragen, und weder die Consistenz, noch manche andere Eigenschaften erhalten können, welche diejenigen Gewächse besitzen, die dem unmittelbaren Sonneneinflusse ausgesetzt sind. Ihre innere Organisation zeigt eine überwiegende Zellgewebmasse; die einzelnen Zellen, welche durch Aufhebung der Kugelform der sich entwickelnden Blasen erzeugt werden, sind sehr groß und ausgedehnt; die Glieder der Gefäße sind sehr in die Länge gezogen und haben deswegen einen geringen Durchmesser. Wenn nun schon diese und die früher über die im Dunkeln vegetirenden Pflanzen angegebenen Verhältnisse den wesentlichen Unterschied gegen die unter dem Lichteinflusse sich ausbildenden Gewächse deutlich zu erkennen geben, so dürfte die Stoffbildung derselben noch viel auffallendere Differenzen darbieten. So wie jene Unterschiede sprechende Belege von dem Einflusse des Lichtes auf die Ernährung und Wachs-

*) *Saussure* Recherches chemiq. sur la veget. p. 55.

thums-Beförderung der Pflanzen geben, so erhält man aus den verschiedenen Verhältnissen der Stoffbildungen noch viel sprechendere.

Im Allgemeinen trifft man in den ohne Lichteinfluß aufwachsenden Pflanzen nur sehr wenig feste Theile an, welche fast ganz oxydirt und gummigt sind; sie enthalten daher sehr wenig Kohlensubstanz und eben so wenig fette und ätherisch-ölige Theile; auch findet man in ihnen wenige oder gar keine Harze und scharfe Stoffe; die sich etwa vorfindenden Stoffe zeichnen sich wegen der geringen Concentration und des Mangels an eigenthümlich desoxydirten kohlenhaltigen Bestandtheilen aus. Was über die bei völligem Lichtmangel aufwachsenden Pflanzen gesagt wurde, läßt sich mit Modifikationen auf die im Schatten vegetirenden anwenden. Auch für diese wird man nach den verschiedenen Graden der Abwesenheit des Lichtes eben so verschiedene Abstufungen wahrnehmen. In den Wäldern findet man hiervon viele Beispiele.

In wie fern der größere oder geringere Lichteinfluß eben so verschiedene Grade der Bildungen bedingt, hat Graf Chaptal *) an einem interessanten Beispiele sehr belehrend gezeigt. Er sah nämlich in einem Kohlenbergwerke das Holz eines Daches über dem einen Stollen, welcher an seinem Eingange sehr hell war, dessen Helligkeit aber mit der Tiefe allmählig abnahm, und endlich vollkommen dunkel war, mit großen Schwämmen bedeckt, wie man sie häufig auf dem Rumpfe alter Bäume antrifft. Die am Eingange wachsenden Schwämme waren gelb gefärbt, und ihr Gewebe so derb, daß man sie nur mit Mühe zerbrechen konnte. Mit der Tiefe des Stollens aber wurde die röthlich-gelbe Farbe schwächer, ihr Gewebe weicher und schlaffer; die im hintersten Grunde wachsenden, denen das Licht vollkommen mangelte, waren zwar gleich groß, aber vollkommen weiß und hatten fast alle Festigkeit verloren, so daß man, wenn man sie mit der Hand

*) Agrikulturchemie 1ter Band. Seite 128.

zusammendrückte, nichts als eine Flüssigkeit und nur wenig faseriges Gewebe erhielt.

Die letzteren Schwämme füllte Chaptal in Flaschen, nahm von denen in der Mitte und am Eingange wachsenden mehrere mit, und stellte darüber vergleichende Versuche an, welche folgende Resultate gewährten:

1) Bei den ersteren erhielt er blos ein mit Kohlensäure gesättigtes Wasser, eine geringe Menge Pflanzenschleim und ein wenig faseriges in der Flüssigkeit schwimmendes Zellgewebe;

2) Bei den mittleren Schwämmen war der Antheil von Kohlensäure viel geringer, dagegen der des faserigen Gewebes bei Weitem beträchtlicher;

3) Bei den am Eingange wachsenden fand er dieses Gewebe in hohem Grade vorherrschend.

Aus sämmtlichen Ergebnissen folgerte er endlich, daß die Schwämme im Hintergrunde blos unverarbeitete Nahrungsstoffe enthielten, während bei den anderen diese Verarbeitung und Assimilirung jener Stoffe um so vollkommener erfolgt war, je mehr das Licht und der atmosphärische Sauerstoff die Thätigkeit der Stoffentwickelung befördert hatten. Er fügt noch bei, daß sich die im Hintergrunde wachsenden Schwämme mit Kohlensäure hätten schwängern müssen, weil sie daselbst wegen Mangel an Lichteinfluß in großer Menge vorhanden gewesen wäre.

In diesen drei Gattungen von Schwämmen findet man alle Verhältnisse und Eigenthümlichkeiten, welche die im Dunkeln, im Schatten und im Lichte wachsenden Pflanzen darbieten, veranschaulicht; durch dieses einzige Beispiel wird man in den Stand gesetzt, den Einfluß des Lichtes ohne anderweitige Deduktionen überzeugend zu erkennen. Es zeigt uns deutlich, daß wegen des Lichtmangels die Desoxydation verhindert ist und unterbleibt; daß sich die Stoffe selbst bei der geringen Ausdünstung nicht concentriren und die kohlenhaltigen Ausscheidungen, welche gewöhnlich in Harzen, Ölen, Kleber, Stärkmehl und anderen Pflanzenbestandtheilen bestehen,

Digitized by Google

nicht vor sich gehen. Die weißgelbe Farbe der Pflanzentheile zeigt sich bei allen nach Verhältniß des größeren oder geringeren Lichtmangels; dagegen werden durch Desoxydation, welche vorzugsweise durch Licht und Wärme hervorgerufen wird, und welche unter besonderer Beziehung auf die Lichtstrahlen nur den blauen und violetten eigen ist, (die rothen und gelben desoxydiren die Körper nicht nur nicht, sondern oxydiren sie vielmehr) die kohlenhaltigen Farbestoffe, im Besonderen die Indigobildung und die grüne Farbe, erzeugt.

Diese Farbe, selbst den Geschmack und Geruch, verdanken die Pflanzen der Aufnahme von Kohlensäure, der Entwickelung von Sauerstoff bei Einwirkung des Lichtes, und dem Zurückhalten des Kohlenstoffes, welcher sich, wie aus vielen Versuchen und Beobachtungen wahrscheinlich wird, mit dem Sauerstoffe und dem Wasserstoffe des Wassers selbst verbindet. So wie also für die im Dunkeln vegetirenden Gewächse die Kohlensäure überwiegend ist, und in Folge derselben die Stoffbildung von der für die unter dem Einflusse des Lichtes wachsenden wesentlich differirt; eben so sollte man glauben, müßte bei den erfolgenden zahllosen Processen, welche Kohlensäure hervorbringen, und bei dem geringen Antheile, welcher nothwendig ist, um die Luft respirabel zu erhalten, eine Vermehrung derselben stattfinden; in wie fern dieses nicht der Fall ist, wurde berührt. Sollte es aber geschehen, so ist es blos örtlich und rührt vom Tode vegetabilischer Substanzen her. So lange ein Baum vegetirt, so lange hauchen seine Blätter fortwährend Sauerstoff aus, und behalten auch nach den Mittheilungen von Saussure die Pflanzen einen kleinen Theil desselben in ihrem Innern oder ihrem Habitus zurück, der dennoch mit der durch die Zersetzung der eingesogenen Kohlensäure ausgehauchten Menge durchaus nicht verglichen werden kann; hiermit läßt sich der Fortgang der Vegetation nicht vereinigen.

Indem zufolge der Vegetationsprocesse unter Einwirkung der atmosphärischen Luft des Nachts durch die wechselseitige

Digitized by Google

Auflösung der eigenen Blattsubstanz, vielleicht des sogenannten Farbestoffes, welcher von einigen französischen Naturforschern wegen seiner besonderen Eigenschaften, wie früher bemerkt, Chlorophyle, besser aber Chromule zu nennen wäre, und endlich durch Assimilation der auf diesem Wege gebildeten Kohlensäure am Tage ohne alle Substanzzunahme und Wachsthums-Beförderung nur eine Fristung des Blattlebens auf kürzere Zeit stattfindet, so kann man die Vegetation abgeschnittener Blätter in eingeschlossener Luft, woraus man eine allgemeine Verschlechterung der atmosphärischen Luft ableiten wollte *), nicht als Beweisgrund gelten lassen.

Die Absorption des Sauerstoffes zeigt endlich hinsichtlich der höheren oder niederen Temperatur mancherlei Verschiedenheiten. Im Winter, wo die Vegetation gleichsam schlummert, weicht dieselbe von der im Sommer ab, obgleich das ganze Pflanzenleben ein periodisches Fallen und Steigen der Verrichtungen der Assimilationsverhältnisse, welche den Jahreszeiten der gemäßigten Zonen entsprechen, beobachtet werden kann. Da sich durch diesen Wechsel die Differenzen stets ausgleichen, so können nur durch das immer kältere Klima die elektrochemischen Processe hinsichtlich der Zersetzung der Kohlensäure und sowohl die Absorption als Aushauchung des Sauerstoffes gehindert werden und dieselben stets langsamer vor sich gehen. Während des Winters ist aber die Assimilation der rohen Pflanzennahrung vorherrschend, weil die bildenden Thätigkeiten von Außenverhältnissen, namentlich von Mangel an Licht und Wärme, gleichsam gebunden sind. Die Kohlensäure sammelt sich in Form des Holzsaftes in den Gewächsen an, und es beginnt erst im Frühlinge mit dem Ausbruche der Blätter und dem hervortretenden Bildungsleben

*) Da Boden und atmosphärische Feuchtigkeit sehr viel Kohlensäure absorbiren, zu den Pflanzenwurzeln führen und sie vermittelst des Lichtes und der Wärme aus der Luft entfernen, so verbessern sie letztere.

Digitized by Google

die Zersetzung der Kohlensäure und Umwandlung des Holzsaftes in Lebenssaft. Der Frost hemmt jede Bewegung des Saftes, und da das Wasser seines flüssigen Zustandes beraubt wird, so ist während dieser Zeit die Ernährung der Gewächse sehr gering. Wenn auch das Wasser gefriert, so geschieht dieses doch nicht so leicht mit den Pflanzensäften; da sich die Baumsäfte im Innern der Bäume erst dann in Eis verwandeln, wenn das Thermometer mehrere Grade unter dem Gefrierpunkte steht, wovon man den Grund darin suchen muß, daß nicht selten eine Lufttemperatur von 12° R. unter dem Gefrierpunkte, am Boden eine von 9° hervorruft.

IV.

Die Wärme in ihrem Einflusse auf die Ernährung und Wachsthums-Beförderung der Pflanzen.

Wenn man das Leben und Gedeihen der Gewächse, deren ganze äusserlich sichtbare Lebensäusserung sich bei dem Unvermögen, ihre Stelle zu verändern, auf ihre Ausformung beschränkt, mehr als jedes andere organische Wesen von Aufsenverhältnissen, und vorzüglich von einem gewissen Grade der Luftwärme, wovon zugleich die Temperatur des Bodens, soweit die Pflanzenwurzeln reichen, abhängig ist, bedingen; wenn man den Einfluß der atmosphärischen Wärme auf das Wachsen und Ausbilden der Frucht überhaupt nicht allein auf die lebende, sondern auch auf die leblose Natur in so fern sich erstrecken sieht, daß sie die Temperatur des Bodens wenigstens für den wärmeren Theil des Jahres, in welchem die Gewächse in ihren eigenthümlichen Vegetationsprocessen begriffen sind, bedingt; wenn man die Vegetation je nach der Stufe ihrer Ausbildung ihren inneren periodischen Typus durch Klima und Jahreszeiten bald mehr bald weniger verändern, und die Vegetationsperioden der Pflanzen, welche in der Entstehung und Entwickelung, in der vollständigen Aus-

Digitized by Google

bildung und in der Fortpflanzung bestehen, je nach einem größeren oder geringeren Einflusse der Wärme durchlaufen, ja unter den verschiedenen Individuen einer und derselben Art, welche an gleichem Orte und in demselben Jahre blühen und Früchte tragen, manche früher blühen und reifen, andere diese Vegetationsakte später zu Stande bringen sieht, — so erhält man schon Beweise genug für den ausgedehnten Einfluß der Wärme auf die Ernährung und das Gedeihen der Gewächse.

Sie wirkt, wie das Licht, nicht in materiellem Sinne, wohl aber als ein besonderes Reizmittel. Die Mehrzahl der Physiker sieht das eigentliche Wärmeprincip wohl als einen eigenen Stoff an, den sie Wärmestoff, Caloricum, nennen und mit allen jenen Eigenschaften ausgerüstet darstellen, welche zur Erklärung der Wärmeerscheinungen nothwendig sind; und charakterisirt ihn als eine eigene, feine, ausdehnsame Flüssigkeit, welche sich mit den Körpern verbinde, durch ihre Expansivkraft auf sie wirke, aber immer nach Gleichgewicht trachte. Hiernach müßte die Wärme auch materiell auf die Ernährung der Gewächse einwirken; allein es sind keine Versuche bekannt, welche einen solchen materiellen Einfluß beweisen *), weswegen sie für den Ernährungsproceß als eine höhere Kraft angesehen wird, welche, wie das Licht, die Lebensthätigkeit erhöhet, und ein Hauptfaktor des vegetabilischen

*) Für die Entwickelung der Wärmephänomene erscheint es wohl als sehr angemessen, von einem Wärmestoffe, von seinem Übergange von einem zum anderen Körper, von seiner Verbindung mit materiellen Theilen dieser ꝛc. zu sprechen, da sehr viele Erscheinungen sich so darbieten, als ob sie eine quantitative Abmessung der Wärme gestatteten. Diese Materie von großer Feinheit und Elasticität hätte man dann als Ursache der Wärme und Hitze, wo sie im Übermaaße und als Ursache der Kälte anzusehen, wo sie in geringer Menge vorhanden ist; allein in manchen Fällen ist diese Ansicht nicht zureichend, weswegen man zu anderen Erklärungsarten seine Zuflucht nehmen muß.

Digitized by Google

Lebens ist. Der Grad ihrer Intensität, ihre Dauer und Gleichförmigkeit sind die Elemente der Einwirkung auf die Vegetation; die zwei ersteren bestimmt die mittlere Temperatur einer Gegend; sie hängen von vielen Umständen ab, welche hier nicht im Besonderen entwickelt werden können *).

Die Wärme wirkt unmittelbar dadurch, daß sie im Innern der Pflanzen die Säfte in Bewegung setzt, darin erhält, sie durch die ganze Pflanze ausbreiten hilft, und zur Bildung der Pflanzenbestandtheile ausserordentlich viel beiträgt. Ohne sie würde Alles in tiefster Erstarrung liegen; keine Frucht würde gedeihen, und keine Blumen würden unsere Wiesen schmücken; sie belebt die ganze Natur und bringt sie wieder zum Stillstande. Sie verändert, gleich dem Lichte sich mit den Pflanzen chemisch verbindend, die Verwandtschaftskräfte und übrigen Eigenschaften der Körper; von ihr hängt die innere fühlbare Wärme der Pflanzensubstanz ab; je nachdem die Pflanzen selbst für sie Capacität besitzen. Sie schwächt allgemein im Innern die Cohäsionskräfte derselben und befördert, da diese den chemischen Kräften überhaupt entgegenwirkt, eines Theils Verbindungen, anderen Theils Zersetzungen, so daß sie es den Pflanzen möglich macht, sich sowohl mit Nahrung zu versorgen und die in schnellere Bewegung gesetzten Nahrungsstoffe mehr und mehr zu assimiliren.

---

*) Über die Abhängigkeit der Temperatur im Allgemeinen verweise ich auf meinen Aufsatz im Journale für das Forstwesen von Behlen, 7ter Bd. 1tes Heft. Daselbst habe ich die erforderlichen Momente gewürdigt. Über die Ermittelung der mittleren Temperatur, welche uns über die Größe und Beschaffenheit der vegetabilischen Produkte einer Gegend so ziemlich zuverlässige Anhaltspunkte giebt und für die Vegetationsperioden der Pflanzen höchst wichtig ist; über die Gesichtspunkte für meteorologische Beobachtungen überhaupt verweise ich auf die Forstzeitung von Behlen, Jahrgänge 1832 und 1833, worin ich unter besonderer Hinweisung auf die Forstwirthschaft alle Beziehungen möglichst vielseitig erwogen habe.

Digitized by Google

Wie sehr im Allgemeinen der Einfluß der Wärme die Eigenthümlichkeiten der Vegetation zu verändern vermag *),

*) Wenn Pflanzen der südlichen Erdhälfte in die nördliche gebracht werden, so blühen sie in unseren Treibhäusern während des Winters und tragen Früchte, welche in unserem Frühlinge reifen; wie die aus Südamerika und vom Vorgebirge der guten Hoffnung mitgebrachten beweisen. Diese Periode ändert sich zwar fast mit jedem Jahre; allein der innere Typus der Organisation ist eigenthümlich und kann bei den im Freien wachsenden Pflanzen durch Wärme während der Dauer der Vegetationszeit vom Ausschlagen bis zur Fruchtreife entweder beschleunigt oder verzögert werden. Alle Beobachtungen zeigen, daß sich jene Dauer nicht einzig und allein nach der Dauer und Stärke der Wärmegrade, des Lichtes und der Elektricität berechnen läßt; obgleich manche Naturforscher, namentlich Adamson, dieses wegen der großen Wichtigkeit der äußeren Umgebungen und Einflüsse für alle vegetabilischen Lebenserscheinungen, annehmen wollen. Daß die Perioden der Vegetation zufolge des inneren Typus ihren Lebenskreis selbst unter abweichenden Aussenverhältnissen auf gleiche Weise durchlaufen, ist eben so bestimmt erwiesen, als die Wahrheit, daß ohne die äußeren Einflüsse die Fruchtreife nicht stattfinden kann, und ein verhältnißmäßiger Wärmegrad der besonderen Jahreszeiten und Klimate, verschiedene Licht- und Feuchtigkeitsgrade den periodischen Typus derselben wesentlich bestimmen.

Viele unserer Obstarten werden bald früher, bald später reif, obgleich sie zu gleicher Zeit blüheten und denselben äusseren Verhältnissen ausgesetzt waren; diese Verschiedenheit kann in nichts anderem als in dem bestimmten Typus der Fruchtreife liegen. Das Wachsen und Reifwerden der Früchte hält zwar bei verschiedenen Pflanzengattungen ganz eigenthümliche Stufen ein, und ist bei mancher z. B. bei Eichen, Kiefern und anderen Gewächsen während eines ersten Zeitraumes oft höchst unbedeutend, gewinnt aber zur Zeit des zweiten Safttriebes; allein es giebt für alle Erscheinungen hinsichtlich jeder Pflanzenart doch eine mittlere Zeit der Fruchtreife. So gewinnt im Nachsommer mit den länger und kühler werdenden Nächten das Fortschreiten der Fruchtreife sehr, gewinnen die Fleischfrüchte an Vollsaftigkeit und werden weicher.

Digitized by Google

zeigt sich besonders an denjenigen Pflanzen, welche aus der nördlichen in die südliche Erdhälfte gebracht, sich mit ihren Perioden nach den dortigen Wintern und Sommern richten. Einen Beleg liefert der am Vorgebirge der guten Hoffnung gepflanzte Weinstock. Ein gewisser Grad von Luftwärme ist für die Vegetation unentbehrlich; denn durch den Wechsel der Temperatur der atmosphärischen Luft in den verschiedenen Jahreszeiten wird sie vorzugsweise bedingt, was man am Einfachsten daran erkennt, daß jeder schnelle Wechsel für die vegetabilischen Produkte sehr nachtheilig wirkt und oft ein Frost die Mühe und Anstrengungen des Landwirthes ein ganzes Jahr hindurch zerstört. Jede Pflanze bedarf eine bestimmte Summe von Wärme, welche während ihrer Vegetationsdauer vom Keimen bis zur Fruchtreife in einem bestimmten Klima

---

Die im Sommer und Herbst blühenden Pflanzen haben eine längere Dauer der Blüthe- und Reifezeit, als die im Frühlinge blühenden; denn bei den meisten sind die Blumenknospen, deren erste Anlage bei vielen Gewächsen in den Blattachseln vorhanden ist, und welche einen Anfangspunkt eines gewissermaßen selbstthätigen Pflanzenlebens zu erkennen geben, schon im vorhergegangenen Sommer gebildet, und entwickeln sich schnell, weswegen sie einen eigenthümlichen periodischen Typus des Blühens und der Fruchtreife darin zeigen, daß die Blumenbildung und das Blühen mit der Fruchtentwickelung jedes die Dauer eines Sommers verbraucht. Die Blumenknospen des vorigen Sommers entwickeln sich in dem nächsten zum Blühen, worauf die Fruchtreife beginnt; Rosaceen und Amentaceen geben Belege hierzu.

Junge Apfelbäume, besonders Weinstöcke, wenn sie durch eine starke Bedeckung mit Laub oder Erde bis gegen Ende Mai aufgehalten wurden, holen die nicht bedeckten und frei vegetirenden bis Ende Juni oder Anfang Juli unfehlbar ein. Ja ich bemerkte, daß die bedeckt gewesenen Reben stärkere und längere Triebe erhielten, als unbedeckte. Der Grund jener Erscheinung liegt in der Eigenthümlichkeit des Treibens und Wesens der Pflanzenart, welche Aussenverhältnisse nicht allein bestimmen können, wenn gleich dann kein Getreide mehr zum Blüthentriebe kömmt, wenn im Nachsommer ein gewisser höherer Wärme- und Lichtgrad mangelt.

Digitized by Google

auf sie einwirken muß, um ihre Perioden zu vollenden. Der Erfahrung gemäß wird bei einer und derselben Pflanze die Fruchtreife im Allgemeinen um so mehr beschleunigt *), je wärmer das Klima ist, in welchem sie gezogen werden. Die Vegetation in Glashäusern beweist dieses **).

Schon der Wechsel der Jahreszeiten, namentlich in der

*) Hält man in Töpfen wachsende Weinstöcke oder Aepfelbäume in kalten und zugleich finsteren Kellern während des Frühlings in ihrem Wachsthume einige Zeit zurück, und setzt sie alsdann der Sonnenwärme aus, so holen sie die im Freien vegetirenden ähnlicher Art ein, und bringen zu derselben Zeit ihre Frucht zur Reife, woraus folgt, daß der periodische Typus auf das Blühen der Gewächse und Reifen ihrer Früchte sehr großen Einfluß hat und daß zugleich da, wo in Folge der geographischen Lage der Gegenden durch die länger dauernde Kälte während des Frühlings die Vegetation lange zurückgehalten wird, der organische Typus der Vegetation der Jahreszeit nacheilt, und seine Perioden in kürzerer Zeit zurücklegt.

**) In diesen wird übrigens durch zu starke Wärmegrade die Lebensthätigkeit oft überreizt, und die Blumenbildung selbst vereitelt; durch erhöhten Einfluß von Luftwärme und Feuchtigkeit, ohne nicht auch den des Lichtes eben so zu erhöhen, wird zwar das Wachsthum sehr befördert, aber die Fortpflanzung der Gewächse durch Blüthen eben so leicht gestört, wie Knight in Froriep's Notizen nachgewiesen hat. So lange die Wärme während der ganzen Vegetationszeit gleichförmig ist, ist bei einjährigen und pernennirenden Pflanzen die Dauer der Vegetation vom Keimen, oder Ausbrechen bis zur Blüthe beiläufig der Dauer vom Blühen bis zur Fruchtreife gleich, woraus folgt, daß in der Dauer der ganzen Vegetationsperiode die Blüthe als der Culminations- und zugleich Mittelpunkt angesehen werden kann. Diejenigen Pflanzen, welche bei gleichen Aussenverhältnissen später im Herbste blühen, leben kürzere Zeit vor als nach der Blüthe, weil bei der stark zunehmenden Wärme im Frühlinge während des Märzes und Apriles sich die Blüthezeit und bei ihrer Abnahme im Herbste die Zeit der Fruchtreife verzögert; wogegen eine gleichförmige Wärme das Pflanzenleben in der Mitte des Sommers in zwei gleiche Theile theilt.

Digitized by Google

gemäßigten und kalten Zone, bringt für die Pflanzen wesentlich verschiedene äussere Zustände hervor; mithin muß die Zeit des Ausschlagens oder Blühens in verschiedenen Jahren in dem Maaße, in welchem die bestimmte zur Entwickelung nöthige Temperatur der Jahreszeiten, nämlich die Wärme im Frühlinge und Kühle im Herbste früher oder später eintritt, verändert werden. Denn der Boden ist meistens nicht in demselben Grade den äusseren Temperaturwechseln unterworfen und hält mit denselben nicht gleiche Zeit ein. Auch findet der Frühling im Boden oft mehr Feuchtigkeit und Kälte als der Herbst; die Luft erheitert sich und erhöht ihre Temperatur am Tage schnell, wogegen im Nachsommer die Bodenfeuchtigkeit meistens sehr gering, die Temperatur im Allgemeinen aber von der Sonnenwärme noch erhöht ist; die Temperatur der Nacht nimmt dagegen schon sehr ab. Solche entgegengesetzte Witterungswechsel *) im Frühling und Herbste üben auf die Gewächse einen sehr großen Einfluß aus; weswegen sich in

*) Die Kenntniß der Extreme der Temperatur während des Beginnens und Reifens der Früchte der Vegetabilien für verschiedene Oertlichkeiten und ihre eigenthümlichen Klimate ist mit der Zeit des Eintretens und Berücksichtigung der dabei stattfindenden Temperaturgrade, welche während der ganzen Wachsthums- und Ausbildungszeit der Frucht auf sie einwirken, von höchster Wichtigkeit. Es wäre sehr zu wünschen, daß für jeden bedeutenderen Ort von Seiten der Forst- und Landwirthe Beobachtungen über die mittlere Summe aller während der Entwickelung der Pflanzen auf sie einwirkenden täglichen Temperaturgrade angestellt würden, um für die vegetabilischen Produkte zu immer größerer Gewißheit zu gelangen. Hier und da hat man sie wohl durch die Bemühungen von Decandolle, Wahlenberg, Brown, Schouw, v. Humboldt, Schübler, Martius und Anderen; allein die daraus abgeleiteten Resultate bedürfen noch mehrfacher Sicherstellungen. Für das Klima von Paris hat Adamson eine mittlere jährliche Summe von 4294 Graden nach einem 10jährigen Durchschnitte gefunden. Vertheilt man diese auf die einzelnen Monate, so kommen im Mittel auf den:

Digitized by Google

verschiedenen Jahren nur eine mittlere Blüthezeit einer Pflanzenart angeben läßt, da das Bedürfniß der Pflanzen rücksichtlich ihrer Entwickelung, Ausbildung und Fortpflanzung sehr verschieden ist.

Wie sehr die Produktivkraft des Bodens von dessen mittlerer Temperatur, und diese wieder von der der atmosphärischen Luft abhängt, erkennt man aus der Thatsache, daß sowohl die

---

Monate.	Temperatur. Grade.	Unterschied.
Januar	102	
Februar	155	53
März	224,5	69,5
April	401	177
Mai	508	107
Juni	576,5	68,5
Juli	637	61
August	606,5	31,5
September	541	65
Oktober	381	160
November	193	187,5
December	104	89

Bei genauer Prüfung dieser den einzelnen Monaten zukommenden Temperaturgrade erkennt man, daß die zwei kältesten Monate, Januar und December, bis auf 2° mit einander übereinstimmen; daß sie in den Monaten Mai bis August nur wenig zu- oder abnehmen und ziemlich gleichmäßig sind. Die Differenzen des März und April sind sehr groß; ihre Temperatur nimmt stark zu, wie die des September und Oktober abnimmt; im November bis Februar nimmt sie wenig ab und zu und es herrscht ziemlich gleichmäßige Kälte. Die Abnahme der Temperatur während des Herbstes geht langsamer vor sich als die Zunahme während der Frühlingsmonate, weil die Erde das Maximum ihrer Erwärmung weit später erhält als die atmosphärische Luft und die Erde sich im Allgemeinen wegen ihres verschiedenen Wärmeleitungsvermögens nur langsam abkühlt. Hiermit stimmen alle Beobachtungen über den jährlichen Gang der Wärme, an welchen Orten man jene auch anstellt, im Allgemeinen überein. Ich verweise auf obigen Aufsatz in der Zeitschrift für das Forstwesen.

Digitized by Google

Menge als auch die Mannichfaltigkeit der Pflanzen mit der Zunahme der geographischen Breite abnimmt und nach dieser jene Mitteltemperatur wesentlich bestimmt wird. Denn Madagaskar zählt 5000; Piemont 2800; Deutschland 2500; Schweden 1300; Lappland 534; Kamtschatka 150; Grönland 25 und Südgeorgien 3 Pflanzengattungen. Unfehlbar giebt es mittlere Temperaturgrade, an welchen die Vegetation der meisten Pflanzen anfängt und wieder aufhört, und welcher einen ungefähren Maaßstab für die vegetabilischen Produkte eines Ortes giebt. Steigt die tägliche Temperatur über jenen hinaus, so fängt die Vegetation gewöhnlich an; sinkt sie unter ihn, so hört sie wieder auf. Kennt man jenen Grad, so berücksichtigt man nur die Zeit, in welcher sie im Frühlinge oder Herbste eintritt *).

Hinsichtlich dieser Temperatur- und Vegetationsverhältnisse hat vorzüglich v. Humboldt **) höchst lehrreiche Bemerkungen gemacht, welche eben so interessante Aufschlüsse gewähren. Nach ihnen fängt an allen Orten, für welche die jährliche Mitteltemperatur unter 13° R. beträgt, der Ausbruch der Vegetation in demjenigen Monate an, dessen mittlere Temperatur zwischen 5 bis 7° beträgt. Erreicht ein Monat eine Temperatur von etwa $5\frac{1}{2}$°, was z. B. für Aschaffenburg unfehlbar im April stattfindet, so blüht der Pfirsichbaum; bei 8° blüht der Pflaumbaum; bei 9 bis 10° treibt die Birke Blätter u. s. w. In Rom unter 41° 53′ der Breite bei einer jährlichen Mitteltemperatur von $12\frac{1}{2}$° ist es der

*) So beträgt für Paris die mittlere Temperatur 10,5°, und wirklich hat man durch Beobachtungen daselbst gefunden, daß gewöhnlich mit 10° täglicher Mittelwärme die Vegetation der meisten Bäume anfängt und wieder aufhört, woraus man im Durchschnitte den 25. Mai die Temperatur 10° erreichen und den 17. September darunter sinken gesehen hat.

**) In seinem sehr inhaltsreichen Werke Lign. isotherm. p. 91. Die hierin niedergelegten Ansichten dienen als sehr bestimmte Anhaltspunkte für dergleichen Beobachtungen.

Digitized by Google

März; in Paris unter 48° 50′ der Breite bei einer Mitteltemperatur von $10\frac{1}{2}^{0}$ der Anfang des Mai; in Upsala unter 60° der Breite bei der Mitteltemperatur von 4,7° die Mitte des Juni, wo die monatliche Mitteltemperatur auf 11° steigt. Nun erreicht z. B. auf dem Hospiz des St. Gotthard unter 46° 27′ der Breite, bei einer jährlichen Mitteltemperatur von 0,8° selbst der Juli, als wärmster Monat im Jahre kaum eine Temperatur von 8°; mithin kann auf demselben keine Birke vegetiren. Im Allgemeinen beweisen Beobachtungen die Wahrheit, daß die Summe der mittleren monatlichen Temperaturen über 11° für das ganze Jahr einen ohngefähren Maaßstab für die Kraft und Dauer der Vegetation überhaupt abgiebt; und in dem Verhältnisse, in welchem die Breite zunimmt, ist die Vegetation auf eine kürzere Zeit beschränkt, wie man aus v. Humboldts *) Bemerkungen ersieht; denn für die Gegenden um Nismes unter 43° 50′ und Rom, überhaupt für das südliche Frankreich und Italien, steht die Temperatur während 270 Tagen über 11°: rechnet man für diese Zeit die monatlichen Temperaturen zusammen, so erhält man für Rom 164°, für Nismes aber 170°, also 6° Unterschied.

Für die Umgebungen von Pecking unter 39° 54′, von Poitiers unter 46° 34′; von Nantes unter 47° 13′; von St. Malo unter 48° 39′; von Philadelphia unter 39° 56′ ꝛc. steht die Mitteltemperatur während 7 Monaten über 11° und beträgt die Summe der Ueberschüsse zwischen 113 bis 153, also 40° Unterschied. Für die Umgebungen von London unter 51° 30′ und Paris steht dieselbe während 6 Monaten über 11° und die Summe aller Überschüsse beträgt für jenes 105°, für dieses aber nur 95°, also 10° Unterschied. Für Genf unter 46° 12′; Dublin unter 53° 21′ und Edinburg unter 55° 57′ steht sie während 5 Monaten über 11° und die Summe der Überschüsse beträgt für erstes 84°, für die beiden letzten 66 bis 68°, also einen Unterschied von 18 bis 16°.

*) Am anaef. Orte. Seite 96.

Digitized by Google

Für Upsala und Petersburg unter 59° 55′ steht sie während 4 Monaten über 11° und die Summe der Überschüsse beträgt für jenes 56°, für dieses 60° und endlich steht sie für Umeo unter 63° 49′ der Breite und Enontekis unter 68° 17′ während des Juli und August über 4° und die Summe aller höheren Temperaturstände beträgt 29 bis 30°.

Aus allen diesen Ergebnissen erkennt man, daß die Dauer der Vegetationsperiode, im mittäglichen Frankreich 270 Tage, in der Umgegend von Petersburg aber nur 120 Tage mittlere Temperatur bei so ungleichen Perioden hat. Dieser Mangel an Wärme wird jedoch durch die direkte Einwirkung des Lichtes auf das Parenchym der Pflanzen ersetzt; da das Licht nach Verhältniß der Tageslängen wirkt*). In wiefern übrigens die Dauer der Vegetation mit der Intensität der Wärme im verkehrten Verhältnisse steht, d. h. daß während der Dauer der drei Hauptstufen der Vegetation die Fruchtreife bei je größerer Wärme in um so kürzerer Zeit erreicht wird, wird durch viele Thatsachen bewiesen. Man hat gefunden, daß z.

*) Diesem direkten Einflusse des Sonnenlichtes muß man es vorzüglich zuschreiben, daß im mittäglichen Frankreich zwei Ernten nach einander gehalten werden können, und dessen Klima gegen andere Gegenden unter gleicher Breite so große Vorzüge besitzt. Aus Joungs Reisen in Frankreich 2. S. 104 ersieht man, daß nämlich zuerst Waizen und nachher Rüben oder zuerst Mais und dann Waizen gepflanzt wird. Überhaupt weicht die Flora des südlichen Frankreichs von der des mittlern in Folge des Einflusses des Lichtes, der Wärme und Feuchtigkeit sehr ab. Betrachtet man die verschiedenen Klimate von Rom bis nach Upsala, so sieht man, daß der wärmste Monat stets über die Mitteltemperatur von 9 bis 10° steigt und diese Zunahmen weiter gegen Norden von Europa, eben so im südlichen Asien und in Amerika, für welche die isothermen Linien gegen den Aequator hinbiegen, noch weit beträchtlicher sind: a. a. O. S. 97. Die Gestalt dieser Linien hat auf das Gedeihen der Pflanzen (selbst der Thiere) besonderen Einfluß; mit ihnen fallen die Verbreitungsbezirke auf eine oft überraschende Weise zusammen.

Digitized by Google

B. der Stachelbeerstrauch gegen den 1. März in der Gegend von Paris Blätter treibt, wenn 272° tägliche Wärme auf ihn eingewirkt haben; daß er nach Einwirkung von 350° Wärme gegen den 11. März blüht und endlich nach Einwirkung von 2000° Wärme gegen Anfang Juli seine Früchte zur Reife bringt. Durch solche Beobachtungen *) kann man leicht für jede andere Pflanzengattung diese Zeitpunkte und die bis zu ihnen eingewirkt habenden Summen der Temperaturgrade ermitteln. So schlägt der Weinstock nach Einwirkung von 660 bis 800°, also im Mittel von 730° Wärme gegen den 20. April aus, blüht nach Einwirkung von 1690 bis 1850° oder im Mittel von 1770° gegen den 20. Juni und bringt die Trauben im Allgemeinen nach Einwirkung von 3300 bis 3700° oder im Mittel von 3500° Wärme zur Reife.

Selbst die Zeit der Aussaat, welche die Dauer der Vegetation und ihre Fruchtreife mehrfach bestimmt, wird durch den Einfluß der Wärme wesentlich modificirt; denn alle kultivirten Sommergewächse, wenn sie in einer kälteren Jahreszeit ausgesäet werden, brauchen, um die bestimmte Summe der zu ihrer Entwickelung nöthigen Temperaturgrade zu genießen, längere Zeit, als wenn die Aussaat in einer wärmeren Jahreszeit geschah, in welcher die Wärme intensiver ist. Man bezweckt wohl im Allgemeinen durch ein früheres Aussäen eine etwas frühere Reife, allein es geschieht doch nicht im Verhältnisse zur Dauer der Vegetation bei später ausgesäeten Pflanzen. Da die Kälte die allseitige Entwickelung

*) Um die Summe der Temperaturgrade zu erhalten, welche auf die in einem gegebenen Monate ausschlagenden, blühenden und Früchte tragenden Pflanzen eingewirkt haben, braucht man blos die Summe der Durchschnitts-Temperaturen der Tage vom Januar ab in verschiedenen Monaten zusammen zu zählen. Man erhält wohl nur annährende Resultate, allein sie reichen hin, uns über viele Verhältnisse der Zeit des Ausschlagens, Blühens und Reifens der Früchte von Pflanzen Aufschluß zu geben. Möglichst ausgedehnte Beobachtungen hierüber wären zum Vortheile der vegetabilischen Produkte und des Landwirthes sehr zu wünschen.

Digitized by Google

der Vegetation verhindert oder gar vernichtet, so entwickeln sich die früher ausgesäeten Pflanzen anfangs nur langsam, die bei intensiverer Wärme ausgesäeten aber um so viel schneller, und holen jene sehr bald ein. In der Landwirthschaft findet man hierzu Belege genug; die in den ersten Tagen des Märzes ausgesäete Gerste z. B. braucht bei der Annahme, daß sie am 15. März aufgeht, zu ihrer vollständigen Ausbildung bis zur Fruchtreife etwa 137 Tage, so daß sie gegen Ende Juli geärntet werden kann.

Diese Aussaat geschieht zu frühe und die gegen Anfang April ausgesäete Gerste kann ebenfalls gegen Ende Juli geärntet werden; denn die kalten Märztage sind der Entwickelung sehr hinderlich, was die Thatsache beweist, daß die Gerste in der Gegend von Upsala, wenn sie im Mai ausgesäet wird, schon gegen das Ende des August geärntet werden kann, also zu ihrer Entwickelung bis zur Reife gegen 92 bis 111 Tage verbraucht. In der Mark Brandenburg säet man dieselbe erst gegen Ende Juni oder Anfang Juli, und ärntet sie doch noch in der Mitte des August, so daß sie zu ihrer völligen Entwickelung bis zur Reife zwischen 40 bis 50 Tage verbraucht. In der Gegend von Pitea unter 64° nördlicher Breite in der Nähe des bottnischen Meerbusens säet man sie in den ersten Junitagen aus und ärntet sie zwischen dem 20. bis 24. August; sie verbraucht daher bis zur Reife 75 bis 80 Tage. Sähet man sie aber am Ende Mai aus, so ärntet man sie gewöhnlich erst in den letzten Tagen des August; sie erfordert also zu ihrer Entwickelung bis zur Reife 90 bis 96 Tage. Den Grund dieser auffallenden Erscheinung muß man darin suchen, daß man sie dort in der wärmsten Zeit des Jahres zur Vegetation bringt. Man hat Beispiele, daß sie in Lappland innerhalb 58 bis 62 Tagen geärntet wird, wenn sie in der wärmsten Jahreszeit, Ende Juni bis August, vegetiren kann *).

*) Gilberts Annal. 41r Bd. S. 282. In England verlangt die

Aus sämmtlichen Thatsachen geht hervor, daß die Blüthezeit ebenfalls von der Witterung und den Jahreszeiten (und von künstlichen Aussenverhältnissen) abhängt; daß Wärme sie beschleunigt, Kälte sie verzögert; daß die Glashäuser die Frühlingspflanzen in Herbstpflanzen und diese in jene umwandeln; daß die von nördlicheren Gegenden oder von den Alpen in gemäßigtere Klimate versetzten Pflanzen früher blühen und daß die verschiedenen Wärmegrade vorzugsweise die Blüthepeiode bestimmen, das Licht aber hierauf weniger Einfluß hat. Viele Pflanzen, welche in ihrer Heimath beständig zu bestimmter Zeit blühen, ändern ihre Blüthezeit in anderen Klimaten bei verschiedener Witterung. In Schweden, wo die Sommer im Allgemeinen einen Monat später kommen als in der Gegend von Paris, blühen z. B. Lattich, Disteln und andere niemals vor dem 21. Juni. Beginnen sie zu blühen, so erkennt der Landmann ohne seinen Kalender, daß das Solstitium, der 21. Juni, vorüber ist; sie blühen früher oder später, je nachdem es im Frühlinge früher oder später warm wird.

Nach den Beobachtungen von Martius über die Blüthezeit des Pfirsichbaumes beschleunigt sich mit dem Fortschreiten gegen den Aequator das Aufblühen von einem Breitegrade bis zum anderen um 4 Tage, oder verspätet sich um eben so viele bei Entfernung von demselben; daher wird unter den verschiedenen Breitegraden, in welchen die zur Fruchtreife nöthige Wärmesumme zu verschiedenen Zeiten eintritt, die Dauer der Vegetation bis zur Fruchtreife für eine und dieselbe Pflanzenart, so wie die Zeit der Reife selbst, modificirt. Das Ausschlagen der Bäume ist als Anfang der eigentlichen Vegetation anzusehen; die hierüber seit Linne's Zeit in verschiedenen Gegenden Schwedens, Frankreichs, Deutschlands und anderer Länder angestellten Beobachtungen sind daher

---

Gerste, wenn sie mit Erfolg kultivirt werden soll, 90 Tage mit einer mittleren Temperatur von 8,5 bis 9°.

Digitized by Google

um so belehrender, als daraus erhellet, daß an den unter verschiedenen Breitegraden gelegenen Arten dieselben Bäume nicht auch zu derselben, sondern oft zu ganz verschiedenen Zeiten ausschlagen. Aus folgender Übersicht von Beobachtungen über die Zeit des Ausschlagens der Birke und des Ebereschen-Baumes überzeugt man sich anschaulich:

In der Gegend von	unter der Breite von	schlägt aus Ebereschen-Baum	die Birke
Paris . . .	48° 50′	am 5. März	7. März
Lund . . .	55° 42′	„ 28. „	29. „
Upsala . . .	59° 51′	„ 20. April	18. April
Fahlun . . .	60° 35′	„ 24. „	24. „
Pitea . . .	66°	„ 16. Mai	19. Mai
Quikjöek . .	68°	„ 20. „	20. „

Auch geht aus den Angaben v. Buchs *) hervor, daß auf der Westküste von Norwegen unter 65° 30′ der Breite in Veffen, eben so in Pitea unter fast gleicher Breite, aber an der Ostküste, die Bäume am Ende Mai ausschlagen.

Indem die Wärme sich vorzugsweise nach der geographischen Breite richtet, und nach den bisherigen Thatsachen das Ausschlagen, Blühen und Fruchtreifen der Pflanzen nach derselben verschieden ist, so hat man zuverlässige Beweise für jene wichtige Wahrheit, daß für jede Fruchtgattung die Dauer der ganzen Vegetation, vom Keimen angefangen bis zur Reife, mit der Intensität der Temperatur des Klima's im verkehrten

*) In seinen Reisen nach Norwegen und Lappland I. Bd. Seite 279. Auch hat Schübler über die Zeit des Ausschlagens sehr interessante Beobachtungen angestellt, und sie, wenn ich nicht irre, im technisch-ökonomischen Journale von Erdmann, mitgetheilt. Es ist zu bedauern, daß dergleichen Beobachtungen, besonders über die Fruchtreife der Pflanzen unter verschiedenen Breitegraden, nicht häufiger angestellt und veröffentlicht werden, da sie für den Ackerbau entschieden wichtig sind, wie schon die wenigen, bekannt gewordenen beweisen, indem sie sehr lehrreiche Aufschlüsse geben.

Digitized by Google

Verhältnisse steht. In kälteren Klimaten kann die zur Reife nöthige Wärmesumme während der Vegetations-Dauer in längerer Zeit erst einwirken, als in wärmeren Klimaten; die Mitte der Vegetation trifft gewöhnlich zugleich mit der Mitte der wärmsten Jahreszeit ein. Weitere Belege zu jener Wahrheit liefern die über die Gerste, welche am Ende Mai oder Anfang Juni ausgesäet wird, angestellten Beobachtungen; denn zwischen der Breite von 54 bis 64° verbraucht sie bis zu ihrer Reife:

In Lund	72	Tage.
„ Gripenborg	80	„
„ Noteback	84	„
„ Kora auf der Insel Bahns	85	„
„ Näsingen	85	„
„ Karlstadt	108	„
„ Aroso im Westmanland .	160	„
„ Upsala	153	„
„ Abo	160	„
„ Pyhajaki	183	„

Vergleicht man diese Zeit mit derjenigen, welche die im April oder Anfang Mai gesäete Gerste in der Regel braucht, so findet man einen wesentlichen Unterschied; denn in Näsingen gelangt die am 20. April gesäete erst in 113 Tagen, die am 13. Juni gesäete aber schon in 73 Tagen zur völligen Reife.

Obgleich im nördlichen Deutschlande und in der Mark Brandenburg etwa unter 52 bis 54° der Breite in der letzten Hälfte des Juni reife Kirschen gefunden werden; v. Buch *) in Skytsjord, etwa 3 Meilen von Christiania unter 60° der Breite gegen Ende Juli, also ungefähr 1 Monat später, als im nördlichen Deutschlande, einen Baum mit reifenden Kirschen sah; in der Gegend von Drontheim aber die Kirschen und Pflaumen nicht mehr; die Birnen und Äpfel nur mit Mühe reifen; Drontheim gegenüber aber auf der Insel

*) In seinen Reisen nach Norwegen ꝛc. 1ter Bd. S. 55 u. 239.

Touterde noch viele und gute Kirschen gezogen werden, so kann man doch nicht annehmen, daß die Dauer des Reifens, mithin auch die Möglichkeit einer mit besonderer Beziehung auf die Fruchterzielung gebauten Pflanze, in einem bestimmten Klima während der Vegetationszeit einzig und allein im Verhältnisse zur Wärme des Landes steht. Die in verschiedenen Ländern verschieden eintretenden Reifezeiten der Früchte beweisen dieses. So erstrecken sich für Frankreich, obgleich die westlichen Küstenländer desselben z. B. die Bretagne, im Verhältnisse zum Innern des Landes unter gleichen Breitegraden liegen, die Kulturlinien des Ölbaumes, Mais und Weinstockes von diesen Küsten aus durch 3 Grade der Breite von Südwest nach Nordost. Für den Weinstock geht dieselbe von der Mündung der Loire und Velaine durch Pontoise nach dem Zusammenflusse der Mosel mit dem Rheine um 3 Grade nördlicher als im Innern, wo man, um dieselbe jährliche Mitteltemperatur zu erhalten, 3 Grade südlicher gehen muß *). Die Kulturlinie der Ölbäume fängt im Westen von Narbonne an, geht zwischen Orange und Montelimart hin, und richtet sich nordöstlich ebenfalls um 3 Grade der Breite gegen den großen St. Bernhard. Beide Kulturlinien gehen also von den im Mittel jährlich wärmeren Küsten gegen das kältere Innere des Landes. Den zureichenden Grund hiervon findet man blos in der geringeren Wärme der Sommermonate an den Küstenländern. Die geringe jährliche Mitteltemperatur dieser Küstenländer rührt von den wärmeren Wintern derselben her. Im Innern des Landes sind die Winter etwas kälter, an den Küsten die Sommer etwas gemäßigter **).

---

*) v. Humboldt's Lign. isotherm. Seite 82—85, worin der Nachdenkende viel Stoff und richtige Anhaltspunkte zu Vergleichungen findet.

**) Dieser Unterschied bezeichnet den Hauptcharakter des Küsten- und Festlandklima's, welches für den alten und neuen Continent

Digitized by Google

Aus den Untersuchungen der Naturforscher über die verschiedenen Temperaturen, im Vergleiche mit dem Pflanzenreiche und der geographischen Vertheilung ihrer Individuen *) und den bisherigen Thatsachen erkennt man, daß unter allen Aussenverhältnissen, welche auf die Entwickelung der Pflanzen bis zu ihrer Fruchtbildung und alle Perioden jener einwirken, und z. B. verursachen, daß nach vollbrachter Zeugung Blumentheile sich fortdauernd zur Frucht umgestalten, bis endlich in

---

wesentlich verschieden ist; jenes hat unter gleichen Breiten eine stets um mehrere Grade geringere Mitteltemperatur, wovon der Grund theils in den Lagen am Meere, theils in anderen Umständen liegt; häufige Nebel ꝛc. gehören hierzu. Mein Lehrbuch der phys. Geogr., Nürnberg bei Schrag, Seite 399 ꝛc. Da übrigens die Temperatur-Differenzen nur einen Grad, also nur 1/4 der Differenz der Mitteltemperatur der Sommer und Winter zwischen Montpellier unter 43° 36′ und Paris unter 48°50′ der Breite betragen, so kann der Grund nicht in der Wärme allein gesucht werden. In den gleichzeitig einwirkenden Lichtgraden findet man ihn; denn helles Wetter und trockne Luft scheinen auf Höhen, bei welchen z. B. der Wein und das Getraide in einer Temperatur noch sehr gut gedeihen, unter welcher sie auf Ebenen nicht fortkommen, den Mangel an Wärme zu ersetzen.

*) Die erste Entwickelung dieser Gesetze, nach welchen sich die allgemeiner vorkommenden Familien der Pflanzen über die Oberfläche der Erde verbreiten, verdanken wir den interessanten Forschungen Aler. v. Humboldt's, deren allgemeine Verhältnisse im 18ten Bande, Seite 133 des Journals für Chemie und Physik von Schweigger enthalten sind. Nebst andern belehrenden Arbeiten besitzen wir eine sehr fleißige Berechnung der Gesetze der Verbreitung von 60 Familien der Phanerogamen, welche die Flora der Schweiz vorzüglich bilden, in der ebenen Schweiz bis zu 2000 Fuß; in den bergigen Gegenden zwischen 2000 bis 3500 Fuß; in den niederen Alpen zwischen 3500 bis 5500 und in den höheren zwischen 5500 bis zur Schneegränze, welche im Mittel bei 8000 Fuß eintritt, in einer Inaugural-Dissertation von Ringier, welche mit einer Tabelle in obigem Journale, Jahrg. 1824, 10ter Band, Seite 60, im Auszuge enthalten ist.

Digitized by Google

der Frucht selbst, nach vollendeter Reife, das organische Leben aufhört, die Wärme das mächtigste Vehikel hierzu ist, und daß sich nach ihr die verschiedenen Vegetationsperioden der Pflanzen, sowohl in den Tropenländern *), als auch in den Ländern der gemäßigten Zonen, richten. Hierin muß man den Grund suchen, warum alle unsere Obstbäume und solche Pflanzen, welche zur Blumen- und Fruchtbildung die Zeit zweier Sommer bedürfen **), zwischen welchen die Vegetation ausruhen muß, in dem unaufhörlichen Reize der Wärme und des

*) In diesen verhält es sich hinsichtlich der Veränderungen der Jahreszeiten und der Klimate auf verschiedenen Erhöhungen anders, als in unseren Klimaten, in welchen manche Pflanzen zur Vollkommenheit eben so gut des Winters als des Sommers bedürfen, und in einem ewigen Frühlinge nicht gedeihen. In jenen ist die Temperatur des ganzen Jahres ziemlich gleichmäßig und die meteorologischen Erscheinungen gestalten sich in jeder gemäßigten oder kalten Zone weit einförmiger. Auf den Cordilleren bei Erhöhungen von 6000 und mehr Fuß trifft man zwar dieselben mittleren Temperaturgrade an, wie in Calabrien und Sizilien; allein dort herrscht nicht auch zugleich dasselbe jährliche Klima, dieselben Jahreszeiten, wie in Italien. Da man auf den Ebenen des Orenokko während des ganzen Jahres dieselbe Wärme wie im August zu Rom; in Popayon bei einer Höhe von 5466 F. dieselbe wie im August, in Quito bei 8952 F. Erhöhung wie im Mai, in den Paramas bei 10800 F. wie im März von Paris antrifft, so kann man die Klimate auf den verschiedenen Höhen tropischer Gebirge nur mit der Temperatur gewisser Monate in Frankreich, Italien, Deutschland ꝛc. vergleichen und darnach die Vegetationsverhältnisse annähernd bemessen.

**) Zu diesen, nicht im ersten, sondern erst im zweiten Sommer ihre Frucht zur Reife bringenden Gewächsen gehören die meisten Nadelhölzer, welche sich eben so wie die Blätter und Nadeln verhalten. Die im Frühlinge blühenden Rosaceen und Amentaceen bringen zwar erst im Herbst, aber doch mit den ihnen eigenthümlichen Verschiedenheiten, einige früher, andere später ihre Früchte zur Reife. Allein sie fordern zum Wachsen und Ausbilden der Frucht nur zwei Sommer und den dazwischen liegenden Winter.

Digitized by Google

Lichtes der Tropenländer nicht gedeihen. Dieser Reiz läßt ihnen keine Zeit, ihre Blumenknospen ein Jahr vor der Frucht zu bilden. Aus dieser Thatsache ergibt sich eine Bestätigung des Gesetzes, daß Alles, was das Wachsthum der Pflanzen über Verhältniß begünstigt und unterhält, ihrer Blüthe- und Samenbildung entgegenwirkt und diese mehr oder weniger verzögert. Alle Zweige der land- und forstwirthschaftlichen Erzeugnisse bestätigen dasselbe. Warum daher alle Versuche, unser Obst auf Java anzupflanzen und zum Fruchttragen zu bringen, mißlingen, läßt sich nur aus jenem Gesetze erklären. Der Ölbaum wird in den Gegenden Quito's, gleich den Eichen, groß, bringt es aber niemals zum Blühen oder Fruchttragen. Anders verhält es sich mit dem Weinstocke, welcher in demselben Sommer seine Blumen bildet; er erhält auch in den Tropenländern reichliche Frucht.

So wie ein zu starker Einfluß der Wärme auf die Blumen- und Fruchtbildung nachtheilig wird, eben so kömmt es beim Wachsen und Ausbilden der Pflanzen vorzüglich auf die Frühlings- und Herbstfröste an. Letztere sind zwar dann, wenn durch Ausscheidung der Kohlensäure und Aufnahme des Sauerstoffes aus der Luft die erste Anregung zu der sogenannten weinhaften Gährung für die Frucht stattfand, nicht allgemein schädlich; allein es kömmt doch wegen der ungleichen Temperatur am Tage und des Nachts im Frühlinge und Herbste sehr viel auf die Kenntniß des Aufhörens der Fröste in jenem und des Anfanges derselben in diesem an. Wie Erfahrung zeigt, tödtet ein gewisser Frostgrad das Leben der unreifen Früchte, macht die fernere Zeitigung unmöglich, und bringt manche Früchte zum Abfallen, wie dieses namentlich bei der Weinbeere der Fall ist *). Von der atmosphärischen Wärme

*) Für die Gegend von Paris hat man aus einem Durchschnitte von 10jährigen Beobachtungen gefunden, daß daselbst ungefähr um den 12. März die Fröste aufhören und um den 7. November wieder anfangen. Wollte man nun von diesem Ergebnisse für

Digitized by Google

hängt daher die Ernährung der Gewächse, die Beförderung ihres Wachsthumes, ihre Erhaltung und Beschaffenheit wesentlich ab; sie stehen mit jener in engster Verbindung und müssen möglichst aufmerksam berücksichtigt werden. Die Untersuchungen v. Humboldts *), v. Buchs **), Wahlenbergs ***), Schüblers †) und Anderer führen zu allgemeinen Wahrheiten, welche vorzugsweise über den Zusammenhang der Temperatur des Bodens mit der Größe der vegetabilischen Produkte und der Vegetationsprocesse höchst interessante Aufschlüsse gewähren ††). Sie bestätigen die umfassende Wahrheit, daß

---

andere Gegenden unter derselben Breite z. B. für viele in Bayern als Augsburg, Dillingen, Freising, Ingolstadt, Landshut, München, Neuburg, Nördlingen, Passau, Straubing ꝛc.; für viele in Würtemberg und anderen Ländern dieser Breite Gebrauch machen, und sie für das Aufhören und Anfangen solcher Frühlings- und Herbstfröste ohne weitere Modificationen und Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse derselben, wohin Lage an Bergen, an waldigen Gegenden u. dgl. gehören, anwenden, so würde man sehr irren. Beobachtungen hierüber fehlen noch sehr.

*) Reise in die Äquinoktialgegenden, 1ter u. 2ter Band, an vielen Stellen; und besonders in seinem Versuche über die Geographie der Pflanzen.

**) Reise nach Norwegen und Lappland. Berlin 1810.

***) Gilberts Annalen, 41ter Bd., Seite 115 u. d. f.

†) In verschiedenen Zeitschriften und seinem Lehrbuche der Meteorologie.

††) Zeitschrift für das Forst- und Jagdwesen von Behlen, 3ter Band, 1tes Heft, S. 1—59; 4tes Heft. S. 1—39 u. 4ter Bd., 1tes Heft, Seite 1—29, wo ich in einem Aufsatze: Einfluß der Bodenwärme auf die Vegetation, die Hauptergebnisse zusammengestellt habe.

Der Zusammenhang der Bodentemperatur, welche von den äusseren Einflüssen, vorzüglich von der verschiedenen Capacität der Bestandtheile gegen die Sonnenwärme abhängt, mit der Größe des Vegetationsprocesses ist wohl sehr wichtig; allein die Untersuchungen hierüber sind noch nicht so weit gediehen, um zu allge-

Digitized by Google

die Pflanzen, vermöge ihres eigenthümlichen Keimungsgesetzes, der Wärme entsprechend sich entwickeln und daß die Entwickelung ihrer Wurzeln, Stämme, Stengeln, Blätter, Blüthen und Früchte, also ihr ganzes Gedeihen, von der Wärme der atmosphärischen Luft, d. h. von der Länge und Intensität der Wärme der Sommermonate abhängig ist.

Wenn gleich die Verschiedenheiten in der Verbreitung der Pflanzen sich mehr nach der Temperatur des Bodens, als nach der der atmosphärischen Luft richten, so darf man doch nicht übersehen, daß gerade die Bodenwärme von der Luftwärme einzig und allein hervorgerufen und durch den Einfluß der Sonnenstrahlen auf die Bestandtheile des Bodens bedingt wird. Ein Theil der Wärme dringt durch Leitung in das Innere, ein anderer aber strahlet nach dem Himmelsraume überhaupt. Die Capacität und das Leitungsvermögen der Bestandtheile gegen die Wärme bringen bald größere, bald geringere Anomalien hervor *). Die Bestandtheile erleiden

---

meinen Resultaten zu gelangen, da über die Bodenwärme selbst noch sehr verschiedenartige Hypothesen herrschen.

*) Während des Tages wird der Boden durch die Sonnenstrahlen erwärmt; nach dem Untergange der Sonne aber verliert seine äussere Rinde einen Theil der Wärme durch Strahlung; ein Theil der nach dem Innern sich bewegenden kehrt nach der Oberfläche zurück, ein anderer aber bewegt sich nach der Tiefe fort. Ist die Zeit, während welcher die Erde erwärmt wird, größer als diejenige, in welcher sie erkaltet, so erhält der Boden mehr Wärme als er in der Nacht verliert; seine Temperatur nimmt also im Sommer zu, im Winter aber ab. Auf den Gang der Bodenwärme übt der Regen noch großen Einfluß aus; während das Wasser in den Boden dringt, wird dieser, je nach der Temperaturverschiedenheit, erwärmt oder erkaltet; dieses wird uns auch einen zuverlässigen Grund darbieten, warum die Temperatur der Quellen, deren Wasser gewöhnlich eine Temperatur hat, welche gleich der mittleren Temperatur des in den Boden dringenden Regenwassers ist, im Norden höher ist, als bei uns. Die verschiedenen Wärme-Capacitäten des Bodens und Wassers verwickeln die Untersuchungen über die Bodenwärme ausserordentlich.

Digitized by Google

dabei verschiedene Veränderungen, welche auf die Gewächse günstig einwirken. Die Luftwärme modificirt also mittelst ihres Einflusses auf den Boden die örtlichen Verhältnisse der Pflanzen, bedingt die Vegetations-Unterschiede und Periodicität des Pflanzenlebens überhaupt und der einzelnen Pflanzen; nach ihr sind Gattungen und Arten sehr verschieden; nach ihr werden in den verschiedenen Standörtern die Floren geregelt, und sie steht mit der räumlichen Verschiedenartigkeit der vegetabilischen Produkte in innigster Verbindung.

Die Mittagswärme ist im Allgemeinen der Vegetation mehr förderlich, als ihr die Kälte der Nächte hinderlich ist; woraus folgt, daß unter sonst gleichen Umständen das Wachsthum der Pflanzen um so vorzüglicher ist, je größer der Unterschied zwischen der Temperatur am Mittage und in der Nacht ist; ein Umstand, welcher für die innere Wärme der Pflanzen entschieden einwirkt. Sehr viele Pflanzen sind gegen den Mangel an Wärme sehr empfindlich und manche verkümmern schon, wenn die Temperatur noch mehrere Grade über dem Nullpunkte steht, wie dieses z. B. bei den zarten Sprößlingen der Fall ist. Viele Pflanzen können einen sehr hohen Temperaturgrad vertragen und befinden sich dabei recht gut. In mehreren Quellen, welche eine Wärme von 62 und mehr Graden des Reaumur'schen Thermometers besitzen, hat man z. B. Tremellen und Conferven gefunden. Eben so gedeihen, nach den Berichten der Reisenden, in den Sandwüsten von Afrika manche Pflanzen bei 70 bis 74° R.; ja man will sogar an der Mündung eines Kraters, wo das Fahrenheit'sche Thermometer eine Hitze von 210° angab, noch üppig wachsende Pflanzen angetroffen haben.

Zwischen solchen Extremen müssen sich die vegetabilischen Produkte halten; große Hitze schadet ihnen eben so sehr, als starker Mangel an Wärme: Durch jene wird wohl der Boden sehr erwärmt, aber auch zugleich ausgebrannt und ihm die zur Erhaltung und Ernährung der Gewächse höchst nothwen-

Digitized by Google

dige Feuchtigkeit, welche zu den Hauptmomenten des Pflanzenlebens gehört und in den verschiedenen Klimaten und Floren bedeutende Differenzen erzeugt, entzogen. Auch werden den Pflanzen in Folge der zu starken Ausdünstung die zur Bewegung der Pflanzensäfte nothwendigen Wassertheile entnommen, sie selbst ausgetrocknet und verdorren gemacht. Diesem schädlichen Einflusse der atmosphärischen Wärme steht auf der andern Seite der Mangel derselben, welcher das Erfrieren zur Folge hat, entgegen. Den wichtigsten Grund dieser Erscheinung muß man ebenfalls in der Ausdünstung suchen. Sowohl Boden als Pflanzen dünsten bei trockner atmosphärischer Luft viel Wasser aus; mit diesem verlieren beide, namentlich die Pflanzen, viel Wärme und die in ihnen etwa noch zurückbleibende ist nicht mehr hinreichend, dem Einflusse der atmosphärischen Kälte, welche durch was für Aussenverhältnisse plötzlich verändert wurde, das Gleichgewicht zu halten, in Folge dessen das in der Pflanze noch vorhandene oder auf ihren Oberflächentheilen befindliche Wasser in Eis verwandelt werden muß.

Im Allgemeinen vertragen die meisten Pflanzen eine atmosphärische Wärme von 28 bis 32° R., und die Nahrungsstoffe unserer Getraidearten entwickeln sich weniger vortheilhaft, wenn die Temperatur unter 18° R. oder bedeutend tiefer herabsinkt. Sie gerathen nicht, wenn die atmosphärische Wärme anhaltend über 28° R. stehen bleibt. Daß die härteren Waldgewächse höhere und niedere Temperaturgrade als die Ackergewächse ertragen, ist eben so bekannt, als die Thatsache, daß die Pflanzen überhaupt, so lange sie noch jung sind, eine Lufttemperatur von 12 bis 15° R. am Meisten lieben und ihnen diese auch zur Entwickelung ihrer Perioden und ihres Wachsthumes die angemessenste ist. Die Gesetze dieser Entwickelung, namentlich der keimenden Pflanzen, da kein Same keimt, wenn die Temperatur am Nullpunkte oder unter demselben steht, und jeder Same nur bei einer bestimmten Tem-

Digitized by Google

peratur, also in bestimmten Jahreszeiten keimt *), zeigen, daß die Pflanzen in der ersten Zeit ihres Lebens weniger ausdünsten, als in den später folgenden Lebensperioden. Wirkt nun ein stärkerer Wärmegrad, als der von 12 bis 15°, so wird die Ausdünstung der jungen Pflanzen zu sehr gesteigert, das Gleichgewicht, unter welchem sie nur üppig wachsen können, gestört und die zärteren Bildungstheile oder Werkzeuge vertrocknen. Hierin muß man vorzugsweise die Ursache suchen, warum Gärtner ihre junge Saaten gegen den direkten Einfluß der Sonnenstrahlen schützen und sie ihnen erst dann aussetzen, wenn sie in ihrem inneren Habitus so weit entwickelt sind, die starke Wärme durch eigenthümliche Verdunstung der in ihnen enthaltenen Flüssigkeiten zu mildern **).

Durch die Kühle der Nächte oder ihren Thau wird zwar die Tageswärme gemildert, und werden in ihr manche Pflanzen, welche während der Tageshitze ganz verwelkt zu seyn scheinen, wieder aufgerichtet und erquickt; allein dieser allerdings sehr wohlthätige Einfluß erscheint doch nicht immer bei jungen Pflanzen hinreichend; jene mittelmäßige Wärme verdient daher besondere Aufmerksamkeit. Eben so belehrend als wichtig für die land- und forstwirthschaftlichen Produkte und ihre Lehre ist es, aus allen Verhältnissen des Pflanzenwachsthums die Erscheinungen dieses Wechsels der atmosphärischen Wärme zwischen Tag und Nacht mit denen im Sommer und Winter zu vergleichen. Man hat viele Gründe, das Winterleben der Pflanzen vergleichungsweise ein Nachtleben derselben zu nennen, und das Leben während des Sommers mit dem täglichen Wachsen zu vergleichen. Die Dauer des Einflusses

---

*) Beobachtungen zeigen, daß zu hohe Temperatur eben so leicht, ja noch mehr, die Keimfähigkeit zerstört, als zu niedere; obgleich die Wärme bis zu einem gewissen Grade allgemein die Keimung befördert. Vergleichende Versuche haben diesen Einfluß in bestimmten Verhältnissen dargethan.

**) Sprengel vom Baue und von der Natur der Pflanzen, S. 318.

Digitized by Google

der Wärme und des Lichtes, wozu man die Feuchtigkeit rechnen muß, auf die Pflanzen, hinsichtlich der Größe und Beschaffenheit, ist natürlich um so größer, je mehr die Gewächse überhaupt ihrer Einwirkung ausgesetzt sind. Im Winter erscheinen beide Elemente eben so wenig günstig als die Menge und Masse der Wärme und des Lichtes während der Nacht gering ist. Im Winter sind die Ursachen zur Bildung der Kohlensäure, in Folge der Zersetzung und Auflösung organischer Körper, weniger vorhanden und durch Kälte und Feuchtigkeit des Bodens wird der größte Theil von der etwa erzeugten Kohlensäure von jenem absorbirt, festgehalten und dadurch unwirksam gemacht. Der umgekehrte Fall tritt im Sommer ein; atmosphärische Wärme und Trockenheit bewirken eine Entbindung der Kohlensäure sowohl aus dem Boden als aus anderen Verhältnissen; sie geht in die Atmosphäre über, und gelangt vermittelst der Blätter zu den Pflanzen.

Daß übrigens auch im Winter manche Pflanzen vegetiren, zeigen die zahlreichen Familien der Moose, die immergrünen Bäume und Sträucher, die Nadelhölzer, die immergrüne Eiche und manche andere; sie bringen auch während des Winters eine, wenn gleich geringe, Ausscheidung von Sauerstoff hervor. Diese Vegetationsverhältnisse lassen auf eine Zersetzung der Kohlensäure im Winter, wie im Sommer, schließen; nur in der Menge besteht ein wesentlicher Unterschied, in welchem man auch das üppige Wachsen der Pflanzen während des Sommers theilweise suchen und erklären muß. Hierzu findet man noch einen Beleg in dem Umstande, daß bisweilen Samen mehrere Wochen hintereinander, ohne merklichen Schaden zu leiden, auf bestimmten Entwickelungsstufen stehen bleiben können. Diese Erscheinung bemerkt man besonders dann, wenn bei einigen Wärmegraden die jungen Pflanzen, welche sich aus dem Keime eben entwickelt haben, mehrere Wochen lang in ihrem Wachsthume stille stehen, sobald jene Wärme nachläßt und sich dann wieder fröhlich entwickeln, wenn die äusseren Einflüsse günstiger werden. Man hat beobachtet, daß junge

Digitized by Google

Pflänzchen, nachdem sie unter Glasglocken alles Sauerstoffgas verzehrt, also die darin befindliche Luft verdünnt und verschlechtert hatten, mehrere Wochen in solchem Zustande verharreten.

Ähnliche Erscheinungen bieten junge Getraidearten und andere Pflanzen unter der Schneedecke *) dar; wenn im Frühjahre nach vorhergegangenen Wärmegraden sie sich einigermaßen entwickelt hat, aber wiederkehrende und anhaltend kühle Witterung folgt. Selbst der sogenannte Winterschlaf der Pflanzen ist als eine Erscheinung anzusehen, welche sich aus diesem periodischen Stillstehen theilweise erklären läßt. Land- und Forstwirthschaft liefern dem aufmerksamen Beobachter Belege zu jenem oft periodischen Stillstehen der Vegetation. Sehr viel kömmt dabei auf die mittlere Temperatur des Winters an, welche je nach der Lage einer Gegend sehr verschieden ist. Denn man hat an der Meeresküste von England Pflanzen, welche keiner großen Kälte widerstehen können, z. B. Myrthen, Camellia japonica, Buddleja globosa und andere ohne Schutz gedeihen sehen. Den Grund dieser Erscheinung muß man in der geringeren Differenz der mittleren Temperatur suchen; jene ist an den Küstenländern weit geringer, als im Innern von Frankreich, in Deutschland, in der Schweiz u. s. w. **). Für die Vegetation übt diese Differenz

*) Diese schützt gegen Fortpflanzung der Luftkälte zum Boden, weil sie, in Folge ihrer vielen Krystalltheilchen, die tiefste Kälte der äusseren Luft und die Wärme des Bodens schlecht leitet, und die Entwärmung des Bodens dadurch verhindert; das in ihm vorhandene Wasser wird von der äusseren Kälte nicht erreicht und in Eis verwandelt. Eine Schneedecke von 1 bis 2 Zoll Dicke gewährt den Pflanzen schon hinreichenden Schutz.

**) Es wird nämlich durch den Einfluß des Meeres sowohl die starke Erniedrigung der Temperatur im Winter, als ihre große Zunahme im Sommer verhindert, weswegen auf Inseln und an Küsten die Differenz zwischen den mittleren Wärmegraden beider Jahreszeiten klein ist, aber desto größer wird, je weiter man in das

Digitized by Google

einen bedeutenden Einfluß aus; denn so wie an einem Orte die mittlere Wärme des Winters größer, also der Unterschied zwischen ihr und der mittleren Sommerwärme kleiner wird,

---

Innere der Festlande geht. In England sinkt die mittlere Temperatur des Winters nie unter den Gefrierpunkt und an den Küsten Frankreichs, Hollands und der Niederlande bemerkt man ein Ähnliches, obgleich bei ihrer geringeren Breite die Winter kälter sind als in England. Hiervon überzeugt man sich durch verschiedene Messungen, welche man in Europa und in Amerika vorgenommen hat, wie folgende Übersicht zeigt:

Mittlere Temperatur

in England

zu	Sommer.	Wint.	Differ.
Insel Unst	11,92°	4,05°	7,87°
„ Man	15,08	5,59	9,49
Edinburg	15,10	3,40	11,70
Kinfauns Castle	13,83	2,59	11,24
Oxford	15,56	3,55	12,01
London	16,75	3,22	13,53
Lancaster	15,32	3,58	11,74
Kendal	14,32	2,03	12,29
Manchester	14,81	2,81	12,00
Derby	12,51	2,00	10,51
Gosport	17,48	4,84	12,64
Pencance	15,83	7,04	8,79
Helston	16,00	6,19	8,81

Deutschland u. Schweiz.

Curhaven	16,76	0,51	16,25
Hamburg	18,96	0,40	18,56
Lüneburg	17,25	0,95	16,30
Berlin	17,43	1,19	18,62
Frankf. a. M.	18,27	1,42	16,85
Mannheim	19,55	1,50	18,05
Karlsruhe	18,74	1,97	16,77
Stuttgart	18,73	1,19	17,54
Tübingen	17,01	0,02	17,03
Tegernsee	16,15	1,24	17,39

an Küsten Frankreichs, Hollands ꝛc.

zu	Somm.	Wint.	Differ.
Amsterdam	18,79°	2,67°	16,12°
Middelburg	16,92	1,92	15,00
Brüssel	19,01	2,56	16,45
Franecker	19,57	2,56	17,01
Haag	18,63	3,46	15,17
Zwanenberg	17,90	2,46	15,44
St. Malo	18,90	5,67	13,23
Dünkirchen	17,68	3,56	14,12
La Rochelle	19,22	4,78	14,44
Paris	18,01	3,59	14,42
Montmorenci	18,96	3,21	15,75
Clermont	18,01	1,50	16 51
Marseille	22,74	7,35	15,39

Ungarn, Rußland, Skandinavien.

Ofen	21,17	0,41	21,58
Petersburg	16,02	9,03	25,05
Kasan	18,32	12,29	30,61
Slatouft	16,08	16,49	32,57
Barnaul	16,57	14,11	30,68
Bergen	14,76	2,20	12,56
Nord-Cap (Magerö)	6,38	4,63	11,01
Ullensvang	15,61	0,07	15,68
Söndmör	13,35	2,72	16,09

Digitized by Google

zeigt sich dieses an der Vegetation anschaulich, wie jedem aufmerksamen Beobachter bekannt wird.

Aus diesen atmosphärischen, durch die Wärme herbeigeführten Einflüssen lassen sich die großen Differenzen der Floren auf unserer Erdoberfläche erklären. Perennirende Gewächse können der Kälte nur bis zu einem gewissen Grade widerstehen, und sind dieselben so beschaffen, daß sie zu ihrer Blüthe-entwickelung und zum Reifen des Samens nur kurze Zeit erfordern, so kommen sie wohl an den Küsten des atlantischen Meeres in hohen Breitegraden vor, ziehen sich aber im Innern des Landes immer weiter nach Süden. In Norwegen gedeiht z. B. die Buche, Fagus sylvatica, noch unter 59° der Breite; an der Westgränze Schwedens liegt ihre Polar-

---

Deutschland u. Schweiz.				Ungarn, Rußl., Skandin.			
zu	Somm.	Wint.	Differ.	zu	Somm.	Wint.	Differ.
Regensburg .	20,50	—0,75	21,25	Drontheim .	16,33	— 4,78	21,11
Würzburg . .	20,04	0,71	19,33	Spydberg .	17,16	—10,46	27,62
Zürch	17,86	—0,92	18,78	Christiania .	15,78	— 3,66	19,43
Bern	14,88	—1,46	16,34	Stockholm .	16,30	— 3,67	19,97
Genf	18,94	0,75	18,19	Upsala . . .	15,79	— 4,14	19,93
Sagan	18,20	—2,68	21,48	Ulea	14,34	—11,15	25,49
Prag	19,93	—0,44	20,37	Umea	14,19	—10,46	24,65
Wien	20,36	0,18	20,18	Enontekis .	12,80	—17,59	30,39
Nordamerika.							
Fort Georg .	15,47	3,75	11,72	Fort Brady .	17,49	— 6,98	24,47
„ Howard .	20,62	—7,23	27,85	„ Columbus	21,93	— 0,13	22,06
„ Crawford	21,21	—7,34	28,55	„ Sullivan	15,51	— 5,17	20,68
„ Snelling .	21,81	—8,99	30,80	„ Wollcott	20,62	0,14	20,48
Council Bluffs	23,84	—4,61	28,45	Washington	24,62	2,96	21,66

Diese geringeren und größeren Differenzen zwischen der Temperatur des Sommers und Winters üben auf die Floren der Länder großen Einfluß aus; z. B. im Departement von Finisterre widerstehen Aprikosen, Granaten, **Jucca gloriosa, Erica mediterranea, Hortensia, Fuchsia etc.** in offener Erde einer Kälte, welche kaum 14 bis 20 Tage dauert. In der Nähe des Meeres sind die Wintertemperaturen hoch, im Innern des Landes aber niedrig; nach ihnen richten sich die Pflanzen.

Digitized by Google

gränze unter 58°; in Smaland unter 57° und an der Oſtküſte in der Gegend von Colmar *); in Lithauen findet ſie ſich unter 54 bis 55°; in den Carpathen unter 48 bis 50° und im ganzen nördlichen und mittleren Rußland fehlt ſie; erſt in den Gebirgen der Krimm und auf dem Kaukaſus zeigt ſie ſich wieder **). Ähnlich verhält es ſich mit allen anderen Pflanzengattungen z. B. mit der Erica, Betula alnus, Populus nigra, Syringa vulgaris, Vaccinium myrtillus, Hedera helix, Viscum album etc. ***) Abweichend hiervon zeigen ſich zwar die einjährigen Gewächſe, worunter die Getraidearten vorzugsweiſe wichtig ſind; für ſie iſt die Wärme derjenigen Zeit, in welcher ſie ſich entwickeln, weit wichtiger, als ein ſtrengerer oder gelinderer Winter. Beweiſe hierzu hat ſowohl v. Humboldt †) geliefert, als ſie uns im Beſonderen der Umſtand darbietet, daß die Polargränzen der Getraidearten mit den bekannten iſotheren Linien parallel laufen. Im Innern von Norwegen und Lappland wird unter 70° der Breite Getraide gebaut, an der Meeresküſte aber erſt mehrere Grade ſüdlicher ††); in Sibirien werden ſie über 60° nicht mehr gebaut †††). Der Mais hat ſeine Gränze an

---

*) v. Buch in ſeinen Reiſen, II. S. 330.

**) Schouw in ſeiner Pflanzengeographie, wozu derſelbe einen ſehr inſtruktiven Atlas entwarf, und dieſe Verbreitungsbezirke verſinnlichte; Seite 194.

***) Ritter in ſeinen 6 Karten von Europa über Produkte; beſonders in der Tafel der wildwachſenden Bäume und Sträucher in Europa.

†) Voyage, V. S. 133.

††) Die Verhältniſſe der einjährigen Gewächſe überhaupt geſtalten ſich zwar etwas anders als die der perennirenden, weil auf ſie die Winterkälte keinen ſo großen Einfluß ausübt, und die Schneedecke, beſonders die ſogenannten Winterfrüchte, gegen die atmoſphäriſche Kälte ſchützt; allein die Wärme wird für ihre Wachsthumsperioden im Frühlinge und Sommer ſehr einflußreich; v. Buch in Gilberts Annal. 41ter Bd. S. 32.

†††) Schouw a. a. O. Seite 290.

Digitized by Google

der Küste des atlantischen Meeres unter 45°, berührt den Rhein zwischen Straßburg und Mannheim unter 49° der Breite, und macht mit den vorigen fast gleiche Biegungen. Obgleich sich perennirende Gewächse z. B. der Weinstock gegen zu strenge Kälte durch Eingraben schützen lassen, aber doch zu ihrem Gedeihen warme Sommer verlangen, so zeigen sie doch hinsichtlich ihrer Verbreitungsbezirke nach Norden an der Westküste Europa's ähnliche von der atmosphärischen Wärme abhängige Biegungen. Nördlich von 47° 30′ kann an der Meeresküste von Frankreich der Wein nicht mehr vortheilhaft gebaut werden; im Innern des Landes aber geht seine Grenze bis zu 49°, erreicht den Rhein nördlich von Coblenz unter 50° 20′ der Breite, bleibt aber in Deutschland sehr nahe in 51°, und scheint sich in dieser Breite zu erhalten, oder sich doch nur wenig nach Süden zu senken *). Den Einfluß dieser klimatischen Verhältnisse findet man überall; denn eben so wenig, als an der norwegischen Küste der Getraidebau möglich ist, kann er an Amerika's Westküsten gedeihen, wogegen etwas gegen das Innere des Landes die meisten südlichen Pflanzen fortkommen. Geht man die einzelnen Beziehungen durch, so sieht man für das ganze Pflanzenleben in jedem einzelnen Lande, in jeder einzelnen Gegend die Wärme als das wichtigste Moment hervortreten.

Die atmosphärische Wärme und ihr Mangel üben auch auf die Temperatur des Inneren der Gewächse großen Einfluß aus, bedingen die Entwickelung der Wärme während des Aufblühens und des übrigen Wachsens, und die Erscheinungen des Erfrierens der Pflanzen, welches unter den Naturforschern verschiedene Ansichten veranlaßt hat. Da nach physischen Gesetzen nebst vielen Verhältnissen sowohl durch chemische Einwirkungen der Stoffe auf einander, welche in den Pflanzen bei der Umarbeitung und Assimilirung der Nahrungsstoffe unfehlbar stattfinden müssen, wie der Oxydations-

*) Schouw a. a. O. Seite 206 und im Atlas Tafel II.

Digitized by Google

und Desoxydationsproceß der materiellen Substanzen beweist, als auch bei organischen Thätigkeiten und dem Lebensprocesse überhaupt auf eine nach physikalischen Gesetzen allerdings nicht erklärbare Weise *) fortwährend Wärme entwickelt wird, so glaubt man mit vielem Rechte, den Pflanzen als lebenden Wesen, eine eigenthümliche Wärme, welche jedoch von der atmosphärischen überwunden werde, zuschreiben zu dürfen. Der allgemeine Lebensproceß, mit dem man bei physiologischen Untersuchungen das vegetabilische Leben vielfach vergleicht, und den man auf letztere anwendet, berechtigt zu jener Annahme durch analoge Schlüsse, und wirklich haben unter verschiedenen Naturforschern besonders Hunter **), Schöpf***), Salome †), Hermbstädt ††), Slevogt †††) und Andere zu beweisen gesucht, daß die Pflanzen jene eigenthümliche Wärme auf eine ähnliche Art, wie höhere Thiere entwickeln und sich dadurch auf einer gewissen mittleren Tem-

*) Daß ein Theil der während des Lebensprocesses der Menschen erzeugten Wärme auf Rechnung der Luftzersetzung beim Athmen, der Assimilation der Nahrungsmittel und der steten Verwandlung des venösen Blutes in das arteriöse kommt, unterliegt keinem Zweifel; allein es reicht nicht hin, die Erscheinung der vitalen Wärmeentwickelung ganz zu erklären. Der Mensch hat eine von der Temperatur seines Mittels fast ganz unabhängige Wärme; was vom Wärmeüberflusse in seine Umgebung nicht abfließen kann, wird zur Schweißbildung verwendet, und durch zu starken Abfluß bei Kälte ersetzt sein Organismus bis zu einer gewissen Grenze die Wärme durch gesteigerte Thätigkeit. In der Thierwelt findet häufig etwas Ähnliches statt und so scheint auch in der Pflanzenwelt mit der Lebensthätigkeit die Wärmeentwickelung gleichen Schritt zu halten.

**) Philosoph. transact. Jahrg. 1778. Seite 1 und 7.

***) Im Naturforscher. Stück 23. S. 1.

†) Annalen der Chemie. 40ster Bd. 113.

††) Magaz. naturforschender Freunde zu Berlin. 1ter Bd. S. 316.

†††) Hermbstädts Archiv der Agrikulturchem. 3ter Bd. S. 46.

Digitized by Google

peratur erhalten könnten. Die Annahme gewinnt an Wahrscheinlichkeit, wenn man diese innere Pflanzenwärme durch die chemischen Veränderungen entstehen läßt, welche durch Verarbeitung der verschiedenen materiellen und gasförmigen Nahrungsstoffe von Seiten der Pflanzen selbst veranlaßt werden.

So sehr übrigens die Gesetze chemischer Wechseleinwirkungen für diese Annahme zu sprechen scheinen, so ist doch noch nicht bemerkt worden, daß von einer und derselben Pflanzenart, die eine wärmer als die andere sey, wenn gleich diese Modifikationen von so vielen und verschiedenartigen Aussenverhältnissen abhängen, daß sich darüber zuverlässige Resultate nicht gewinnen lassen. Die Entwickelung der Wärme während des Aufblühens haben wohl Beobachtungen vieler Naturforscher und namentlich Untersuchungen Lamark's, Hunter's und Anderer an den Arumarten erweisen sollen. Auch will Salome *) gefunden haben, daß Bäume immer eine gewisse mittlere Temperatur besäßen; daß ihre Temperatur, so lange die Lufttemperatur noch nicht 14° R. betrage, stets höher sey als die der sie umgebenden Luft und daß sie endlich unter diese herabsinke, sobald sich diese über 15° R. erhöhe. Allein der Gegenstand wurde in der neuesten Zeit in Zweifel gezogen und in Bezug auf die Frage: Besitzen Pflanzen die Fähigkeit, eine ihnen eigenthümliche Wärme zu erzeugen? gegen jene Annahme und Folgerung daraus, daß sich die Pflanzen dadurch gegen die ungünstigen Einflüsse der Temperatur zu schützen vermöchten, sodann auf zwei andere Annahmen, wornach die Pflanzen nur zur Zeit der Begattung in ihren Blüthen eine höhere Temperatur erzeugten, oder sie jene Fähigkeit nicht besäßen, ihnen aber aus der Erde Wärme

*) Am angef. Orte. Diese Beobachtungen führt Prof. Strauß in seinen Grundlehren der allgemeinen Chemie in Anwendung auf das Forstwesen Seite 213 als Beleg für höhere Temperatur der Gewächse an; ob er sie durch eigene Beobachtungen bestätigt fand, ist zu bezweifeln.

Digitized by Google

mitgetheilt werde, wodurch sie gegen schädliche Einwirkungen der Kälte geschützt wurden, mit Umsicht und Sachkenntniß erörtert. Göppert *) hat nämlich die verschiedenen Ansichten auf historischem Wege verfolgt, allseitig geprüft, darnach jene Frage mit besonderer Angabe seiner eigenen Beob-

*) In seiner Schrift: Über Wärmeentwickelung in den Pflanzen; über ihr Gefrieren und die Verwahrungsmittel dagegen. Breslau, Max und Comp. 1830. In zwei Abtheilungen behandelt er diese Sache mit vieler Ruhe und Überlegung; in der 1ten beleuchtet er unter Berücksichtigung der Erscheinungen beim Gefrieren, beim nachher erfolgenden Aufthauen, der Veränderungen, welche die Pflanzen unter diesen Verhältnissen erleiden, als etwaige Ursachen des Todes und des Verhaltens der Vegetation, das Irrige der Meinung, daß bei den durch die Kälte getödteten Pflanzen immer eine Zersprengung und Zerreißung der Gefäße stattfinde. Nach Sennebier werden die Gefäße der sowohl strauchartigen als krautartigen Gewächse durch die beim Gefrieren erfolgte Ausdehnung der Flüssigkeiten zersprengt; nach Schultz ist der durch die Kälte erfolgte Tod der Vegetabilien eine Folge des Aufhörens der inneren Bewegung des Lebenssaftes, stirbt der Saft durch Gerinnen ab, und versiegt die Quelle, aus der im Verhältnisse zu den übrigen Theilen das ganze Leben der Pflanze fließt: Da aber der Saft in den Pflanzen lange Zeit gefroren, also geronnen seyn kann, ohne daß dadurch beim nachher folgenden Aufthauen das Leben des Individuums gefährdet wird, so erscheint jene Annahme als unstatthaft und ermangelt der Begründung durch physische Gesetze. Aus Göppert's Entwickelungen geht dagegen hervor, daß z. B. das Zersprengen der Gefäße durch die außerhalb der letzteren vorhandene Feuchtigkeit veranlaßt wird. Die Hauptergebnisse dieser Schrift habe ich in der Forstzeitung von Behlen Jahrg. 1833 Nro. 85 bis 94 mit den erforderlichen Bemerkungen als kritische Anzeige mitgetheilt; auf sie verweise ich der Kürze wegen, wenn man es nicht vorzieht, Göppert's Schrift selbst anzukaufen. Die Hauptresultate der Untersuchungen nur kurz berührend, ziehe ich den Schluß, daß durch sie der Gegenstand so ziemlich als erschöpft zu betrachten und jene selbst als sehr zuverlässig anzusehen seyen.

Digitized by Google

achtungen beantwortet und mit Berücksichtigung dessen, was Schübler *) und andere Naturforscher in der neuesten Zeit dargethan haben, gefolgert, daß den Bäumen das Vermögen nicht eigen ist, durch ihre Vegetationsthätigkeit Wärme in bemerkbarem Grade, wie die warmblütigen Thiere, zu entwickeln, daß sie aber wohl die Fähigkeit besitzen, die Temperatur der Luft und der Erdschichten, in welchen sie wurzeln, je nach den verschiedenen Trieben der Säfte in verschiedenem Verhältnisse in sich zu leiten, und durch Verdunstung zum Theile wieder abzugeben, wodurch ihre Temperatur bald größer bald geringer wird als die der umgebenden Luft.

Ohne diesen für die vegetabilische Produktionslehre höchst wichtigen Gegenstand im Besonderen zu verfolgen, berühre ich ihn in seinen Hauptverhältnissen nur in so weit, als er uns Beweise liefert, daß alle Gewächse, selbst in Gewächshäusern, der sie umgebenden Lufttemperatur mehr oder weniger schnell folgen, bald mit ihr steigen, bald fallen, je nach dem Verhältnisse ihrer vegetabilischen Masse und der hieraus resultirenden Wärmeleitungsfähigkeit, nach welcher sie sich gegen die äusseren Einflüsse der Luft zu verwahren vermögen; daß sie also von der sie umgebenden Luft völlig abhängen, wie die Versuche Fontana's an sehr verschiedenen Vegetabilien in einem Keller beweisen, welche immer einen und denselben Grad von Wärme zeigten, der mit der Temperatur des Kellers übereinstimmte. Schon Nau **) fand

*) Die Temperatur der Vegetabilien, eine besondere Dissertation in Gilbert's Annalen, fortgesetzt von Poggendorf, 86ster Bd. Seite 581 abgedruckt.

**) Annalen der Wetterauer Gesellschaft für die gesammte Naturkunde 1ter Bd. 1tes Heft Seite 27 bis 37 in der Frage: Hat man bis jetzt durch Versuche und Beobachtungen eine eigenthümliche Wärme in den Gewächsen erwiesen? Allein es entstanden ohnerachtet der Nachweisungen Nau's unter den Naturforschern verschiedene Ansichten, welche zu neuen Versuchen, welche Schübler am angef. Orte und Treviranus anstellten.

Digitized by Google

Salome's Beobachtungen ungenügend und wahrscheinlich fehlerhaft; allein es fehlten bis auf die neueste Zeit nähere Beobachtungen, welche von Treviranus *) an den verschiedenen Arum-Arten, denen Hassenfratz, Hermbstädt und Andere **) zur Zeit der Begattung in ihren Blüthen eine höhere Temperatur zuschreiben wollten, gemacht wurden. Auch Schulz ***) spricht von erhöheter Temperatur des blühenden Kolbens eines kräftig vegetirenden Exemplares von Coladium pinnatifidum, welche die der Luft um 4 bis 5° übersteige, und beim Verblühen abnehme; allein Treviranus beobach-

*) In der Zeitschrift für Physiologie v. Tiedemann, G. R. u. L. C. Treviranus, Darmstadt 1829 3ter Bd. Seite 251 bis 269.

**) Sennebier will an dem Arum Italicum gefunden haben, daß die Wärme zwischen 3 und 4 Jahren anfange, sich zu zeigen, und zwischen 6 und 8 Jahren ihr Maximum erreiche, wobei er vermuthete, die Verbindung des Sauerstoffes mit dem Kohlenstoffe des Kolbens veranlasse diese Wärme; dieses widerlegt Sauffure; auch kann ein bloses Befühlen der Staubfäden mit den Fingern zu keinem Resultate führen; denn alle Staubbeutel fühlen sich vor dem Aufplatzen der den Staub einschließenden Haut kühler an als nachher. Da die Pflanzen um so bessere Wärmeleiter sind, je reicher sie an wässerigen Bestandtheilen sind, wodurch sie uns bei der Berührung die Wärme in entsprechendem Verhältnisse schneller entziehen, besonders wenn sie zugleich eine glatte Oberfläche haben, so muß man die Erscheinung, daß sich Blätter gewisser Pflanzen auffallend kälter als andere anfühlen, vorzüglich der verschiedenen Leitungsfähigkeit für die Wärme zuschreiben.

Auch fand eine blinde Frau auf Madagaskar die Blüthen von Arum cordifolium sehr warm; der Pflanzer beobachtete die Sache genauer, und fand, daß gegen Aufgang der Sonne die Hitze am Stärksten war; eben aufgeblühete brachten ein um der Blüthenkolben gebundenes Thermometer gegen 6 Uhr von 19° auf 41°; gegen 8 Uhr war es auf 42° gefallen, während die Luftwärme sich um 2° erhöht hatte.

***) In seiner Schrift: Über die Natur der lebenden Pflanzen. 2 Theile. S. 183.

Digitized by Google

tete die Arum-Arten mehrere Jahre lang während ihrer Blüthezeit, und konnte keine Spur von erhöhter Temperatur wahrnehmen. Er beobachtete, die Blumen mit dem Thermoskope prüfend, die Blüthen von 87 Pflanzen, ohne fühlbare Wärme zu entdecken, und erhielt mit Göppert in Bezug auf die wegen der Frage: Entwickelt sich Luft und Wärme bei dem Leben der Gewächse? angestellten Beobachtungen, stets eine verneinende Antwort.

Schübler folgerte aus seinen Beobachtungen, daß die Bäume zur Zeit des Sonnenaufganges bei heiterem Himmel stets eine höhere Temperatur als die sie umgebende Luft besitzen; Mittags und später aber eine geringere; dieses Verhältniß zeigte sich ihm sowohl im Sommer als im Winter; daß die Temperatur des Innern der Bäume Morgens und Mittags von der umgebenden Luft um so mehr abweicht, je dicker sie sind, und je tiefer man bei Beobachtungen die Thermometer in der Nähe des Erdreiches in die Bäume stellt, und daß sowohl den kraut- als strauchartigen Gewächsen jede wärmeerzeugende Kraft völlig abzusprechen ist, sie sich also nur in sofern gegen die äusseren Einflüsse der atmosphärischen Luft verwahren könnten, als ihnen eine größere oder geringere Wärmeleitungsfähigkeit zukömmt.

Da man im Allgemeinen beobachtet hat, daß die Wärme der Luft und innere Wärme der Pflanzen auf die Aufnahme des Sauerstoffes einen bemerkbaren Einfluß ausüben, und sowohl Absorption als Aushauchung desselben zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten eben so verschieden ist, so müssen wenigstens die Bäume im Vergleiche mit der äusseren Lufttemperatur manche Verschiedenheiten darstellen. Alle Vegetabilien suchen wohl eine gewisse mittlere Temperatur beizubehalten, die man aber nicht als bloße Folge einer in ihrem Inneren sich entwickelnden Wärme anzusehen, sondern in dem größeren oder geringeren Vermögen, die Wärme zu leiten, zu erklären hat. Dieses Vermögen besitzen sowohl die Fasern als das Holz selbst; da dasselbe gering ist, so dringt die Wärme

Digitized by Google

der die Bäume umgebenden Luft nur langsam in ihr Inneres ein, und wird bald mehr bald weniger nützlich. Die dichtesten Hölzer sind auch die besseren Leiter und die verschiedenen Holzarten haben nach den verschiedenen Richtungen, parallel mit den Fasern oder in die Quere, verschiedene Leitungsvermögen *). Hiervon hängt die innere Wärme der Bäume wesentlich ab; an Beobachtungen fehlt es aber hierüber noch sehr. Im Allgemeinen ist der aus diesen Richtungen der Wärmefortpflanzung entspringende Unterschied um so größer, je schlechter die Holzart die Wärme leitet. Da die Sonnenstrahlen in ziemlich senkrechter Richtung auf die Gewächse fallen und auch die aus dem Boden zu ihnen gelangende Wärme nach der Länge sich fortpflanzt, so läßt sich hieraus theilweise die Art und Weise ersehen, wie die Bäume im Innern ihrer Stämme die Temperatur des Bodens so gut bewahren können.

Die Temperatur des Bodens, von welcher manche Naturforscher glauben, daß sie den Pflanzen so viel Wärme mittheile, um der einwirkenden Kälte das Gleichgewicht zu halten und sie vor dem schädlichen Einflusse letzterer zu schützen **), ist zwar schon in geringer Tiefe nicht sehr veränderlich ***);

*) Man hat gefunden, daß in der Richtung nach den Fasern Weißdornholz, Nußbaumholz, Eichenholz, Tannenholz und Pappelholz; nach der Quere aber Nußbaum-, Eichen- und Tannenholz sich in der Stärke zeigten. Beim Eichenholze verhält sich die Leitungsfähigkeit nach Fasern und Quere wie 5 : 3, so daß also jene fast doppelt so groß ist als diese.

**) Wenn Pflanzen von der Kälte leiden, so sieht man gewöhnlich die außer der Erde in freier Luft sich befindenden Theile beschädigt, selten aber die Wurzeln; perennirende Gewächse treiben neue Sprossen, aber einjährige gehen zu Grunde; hieraus folgerte man, daß die von den Sonnenstrahlen den Erdschichten mitgetheilte Warme die Wurzeln der Pflanzen gegen das Erfrieren und Gefrieren schützen könnten. Auch diese Frage hat Göppert zu beantworten versucht, und seine Beobachtungen in der angeführten Schrift bekannt gemacht.

***) Nach Runke's Versuchen reichen die Einflüsse der täglichen

Digitized by Google

allein sie trägt doch viel dazu bei, den Pflanzen eine mehr gleichförmige, der mittleren Temperatur, in welcher sie vegetiren, sich nähernde Wärme zu erhalten.

Die verschiedenen Baumarten verhalten sich gegen die Wärme nach dem ihnen eigenthümlichen Wärmeleitungsvermögen; in ihrem Innern verändert sich die Temperatur nicht selten unter — 8° R., ohne Schaden zu leiden*). Daß hierbei das Innere derselben wirklich gefroren ist, beweist eine Fäl-

---

Veränderungen der atmosphärischen Wärme bis zu 1,5 Fuß tief in die Erdrinde und verschwinden bei 3 Fuß; die der monatlichen verschwinden bei 5 Fuß und das Verschwinden der jährlichen läßt sich bis zu 30 Fuß annehmen, wo die Temperatur sich gleich bleibt und meistens der des Beobachtungsortes entspricht; dann wächst die Wärme nach der Tiefe schnell. Schübler hat die Gleichförmigkeit und die allein von den Veränderungen der Atmosphäre abhängenden Abwechselungen der Temperatur des Bodens in einer Tiefe, von wo er den Einflüssen der Sonnenwärme noch ausgesetzt ist, näher nachgewiesen. Schweigg. Journ. 21r Bd. Seite 210.

*) Man hat beobachtet, daß sich die Temperatur der Luft auf — 13 bis — 15° erniedrigt, ohne daß Bäume beschädigt werden. Ausser Waldbäumen hat man auch Stein-, Kernobstarten, verschiedene Akazien, Weinreben, gegen Kälte empfindliche ausländische Baum- und Straucharten solchen Kältegraden ausgesetzt, ohne Schaden gelitten zu haben. Hierbei mußte sich ihr Inneres bis zu derselben Temperatur erniedrigt haben; allein die trockne Luft verhinderte den nachtheiligen Einfluß. Daß diese verschiedenen Kältegrade die Entwickelungsperioden, namentlich das Aufbrechen der Blätter und Blüthen mehr oder weniger verzögern, folgt von selbst. Auf der anderen Seite folgen jene Perioden bei ungewöhnlich warmer Witterung im Frühlinge oft gleichzeitig. In einzelnen Jahren folgen jene Entwickelungen, das Ausbrechen der Blätter und Blüthen, das Reifen der Früchte und das weitere Ausbilden mehr oder weniger schnell auf einander, je nachdem die Temperatur bei der erforderlichen Feuchtigkeit mehr oder weniger zunimmt. Im Allgemeinen fehlt es hierüber noch sehr an Beobachtungen, um bestimmte Resultate daraus ableiten zu können; auch reichen die physischen Gesetze nicht hin, sie zureichend zu erklären.

Digitized by Google

lung während des Winters bei einer strengen Kälte. Ein schneller Wechsel der atmosphärischen Temperatur wird ihnen dann sehr nachtheilig. Ältere Bäume, welche einen Umfang von 3 bis 6 Schuh haben, zerspringen häufig, wogegen dünnere unversehrt bleiben, obgleich sich ihre Temperatur mehr erniedrigt, als die der ersteren. Die Ursache dieser Erscheinung hat man vorzugsweise in der größeren Umfangsveränderung zu suchen, welche die Krystallisation des Wassers veranlaßt. Auch enthalten ältere Bäume in ihrem halbfaulen Marke eine größere Menge von wässeriger Feuchtigkeit, also weniger frische Lebenssäfte; jene gefrieren weit leichter als letztere. Linden, Weiden und andere wildwachsende Bäume, auch Obstbäume zerspringen oft ohne nachtheilige Folgen für ihr ferneres Wachsen; ist jenes keine Folge der im faulen Marke angesammelten Feuchtigkeit und der Baum in seiner sonstigen Beschaffenheit gesund, so wachsen die Spalten nicht selten wieder zusammen.

Bei dem Erfrieren der in südlichen Gegenden einheimischen Bäume erfrieren immer zuerst die feinsten Zweige, selbst bei Eichen, Buchen und Erlen. Die jüngsten, kurz vorher aus den Knospen getretenen Zweige, Blätter und Blüthen leiden gewöhnlich, weil sie verhältnißmäßig mehr wässerige Theile enthalten, ihre Gefäße gewöhnlich noch fein sind und dem durch Ausdehnung des sich in ihnen während der Kälte krystallisirenden Wassers veranlaßten Zerspringen weit weniger widerstehen können. Viele Gewächse sind in den Herbsttagen gegen den Frost weniger empfindlich als im Frühlinge, weil ihre feinsten Zweige in jenen verhältnißmäßig weniger wässerige Theile enthalten und ihre Gefäße kräftiger und mehr verholzt sind. Die mit lederartigen und trockneren Blättern versehenen Pflanzen erfrieren weit weniger, als andere, welche man auch oft in der Oekonomie durch das bekannte Einbinden mit Stroh gegen das Erfrieren zu schützen sucht *).

*) Die vortheilhaften Folgen dieses Einbindens bestehen weniger in

Je schneller und abweichender die Veränderungen der Lufttemperatur sind, desto größer ist der Unterschied der Temperatur des Innern der Bäume und der sie umgebenden Luft. Die Bäume erreichen aber gewöhnlich die täglichen Maxima und Minima der Lufttemperatur nicht, weil sie unvollkommene Wärmeleiter sind *). Ihre Temperatur nähert sich dieser aber um so mehr, je länger diese gleichförmig bleibt, was aber selten der Fall ist; weil die Lufttemperatur von Morgen bis Mittag gewöhnlich anhaltend steigt, ihren höchsten Punkt erreicht und dann bis zur Nacht fällt. Jedoch stim-

---

dem Abhalten großer Kältegrade, als in dem Schutze gegen den schnellen Temperaturwechsel. Dünne Strohumhüllungen können Temperatur-Unterschiede von einigen Graden abhalten und sind vollkommen hinreichend, die in der Kälte wirklich gefrorenen oder erstarrten Zweige gegen unmittelbare Einwirkung der Sonnenwärme, und dadurch gegen zu schnelles Erwärmen zu schützen, worin der eigentlich schädliche Einfluß auf organische Größen besteht.

*) Nach den Untersuchungen Mayers steht das Verhältniß der Innenleitung der Hölzer zu der des Wassers = 1,000 gesetzt, im umgekehrten Verhältnisse ihrer specifischen Wärme; daher kann sich die Lufttemperatur in das Innere der Bäume nur langsam fortpflanzen, weil auch ihre Eigenwärme verschieden ist, und die Fortpflanzung selbst um so weniger erfolgen kann, weil die Temperatur der Luft gewöhnlich nur kurze Zeit auf den Extremen stehen bleibt, und weniger intensiv ist. Jene Wärmeleitung in den verschiedenen Hölzern suchte man durch Versuche zu ermitteln, und mit der Eigenwärme und dem Eigengewichte zu vergleichen, wie folgende Uebersicht zeigt;

Bei dem	ist Eigengewicht,	Eigenwärme,	Wärmeleitung
Ebenholze	1,054	0,43	2,17
Weißbuchen	0,690	0,48	3,23
Pflaumenbaum	0,687	0,44	3,25
Sommereichen	0,668	0,45	3,26
Birnbaum	0,603	0,50	3,32
Fohren	0,495	0,58	3,75
Tannen	0,447	0,60	3,89 u. s. w.

Digitized by Google

men die aus Beobachtungen abgeleiteten Resultate wegen beider Temperaturen so nahe mit einander überein, daß in einzelnen Monaten die Verschiedenheiten gewöhnlich nur 0,1 bis 0,3 Grade betragen und sich je nach zufälligen Aussenverhältnissen bald größere bald kleinere Abweichungen ergeben.

Die sämmtlichen Temperaturverhältnisse des Innern der Bäume im Vergleiche mit denen der sie umgebenden Luft beweisen, daß die Vegetabilien überhaupt zwar eine gewisse mittlere Temperatur beizubehalten suchen, dieselbe aber vorzugsweise aus dem verschiedenen Wärmeleitungsvermögen derselben erklärt werden muß. Besondere Aufmerksamkeit erfordert die mittlere Tageswärme derjenigen Zeit, in welcher die verschiedenen Entwicklungsperioden beginnen; denn sie wirkt auf die Vegetation vom Anbeginn ihres inneren Lebens durch alle diese Perioden und bleibt für alle Erscheinungen, in welchen Wärme wirksam ist, die Hauptursache. Die Summe der Wärmegrade, welche von einem bestimmten Zeitpunkte des Frühlings anfangend auf die Gewächse eingewirkt hat, und die Mitteltemperaturen einer Gegend geben einen weit sicheren und zuverläßigeren Gesichtspunkt zur Vergleichung ab, als wenn man blos die mittlere Temperatur der zunächst vorhergehenden Tage nimmt, welche jedoch auf das Entfalten der Blätter und Blüthen vieler Pflanzen großen Einfluß ausübt *).

*) Über die mittlere Wärme des Tages, Monates und Jahres hat man schon viele Beobachtungen und Berechnungen angestellt. Schön in seiner Witterungskunde, Würzburg 1811; Brandes in seinen Beiträgen zur Witterungslehre, Leipzig 1820; Schouw, Schübler und andere Naturforscher haben viele Vergleichungen angestellt, und gefunden, daß zu dieser Bestimmung viele Jahre erfordert werden. Die monatliche Mittelwärme hat Schön für sehr viele Orte angegeben und selbst graphisch dargestellt; aber sie reichen nicht hin, um zu erfahren, ob die Zu- oder Abnahme der Wärme in gewissen Jahreszeiten gleichförmig erfolge. Brandes hat aus den vorhandenen Beobachtungsreihen für Rom, Rochelle, St. Gotthard, Wien,

Digitized by Google

Wie wichtig die atmosphärische Wärme für die Beförderung des Wachsthums der Pflanzen ist, geht aus den bishe-

---

Mannheim, London, Zwanenberg, Cuxhaven, Stockholm und Petersburg, die mittlere Wärme für jede fünf Tage berechnet, und dadurch den mittleren Gang der Wärme während des ganzen Jahres in allgemeinen Gesichtspunkten angegeben; er hat gegen 180.000 Thermometer-Beobachtungen verglichen. Hiernach tritt die größte Kälte zwischen dem 6. bis 12. Januar ein, steigt die Wärme von da bis zum 28. merklich, nimmt aber wieder ab, und es folgt bis zum 19. Februar neue Kälte; dann nimmt die Wärme wieder zu, welche aber bald durch eine von Nordasien kommende Kälte unterbrochen wird, die bis zum 16 bis 20. März dauert; dann aber nimmt die Wärme bis zum 24. bis 26. März schnell zu, was jedoch nach 5 bis 10 Tagen aufs Neue unterbrochen wird. Gegen Ende März bis zum 18. April tritt eine gleichförmige Zunahme der Wärme ein, die jedoch bis zum 8. Mai etwas gehemmt wird. Vom 13. bis 15. Mai wird allgemein ein schnelles Wachsen der Wärme beobachtet, welches bis zum 28. Mai gemäßigt fortdauert und bis zum 1. bis 7. Juni schneller wird.

Von da bis gegen Ende Juli wächst die Wärme langsam und erreicht ihr erstes Maximum, welches unter verschiedenen Breiten zu verschiedenen Zeiten, z. B. in Umea am 2. bis 6., in Stockholm und Mannheim am 27., in Petersburg am 22., in Cuxhaven am 17. Juli; in London am 1. August; in Rom, Rochelle, Zwanenberg am 6. und in Wien am 16. August erfolgt. Vom Ende Juli bis gegen 12. August nimmt die Wärme nur höchst unbedeutend ab, erreicht aber zwischen dem 10. bis 16. August ihr zweites Maximum, in welchem die Wärme gewöhnlich weniger intensiv als im ersteren ist. Dieser letzten Hitzperiode folgt in den nördlicheren Gegenden schon nach dem 16., in den südlicheren aber erst am Ende August und in der ersten Hälfte des September ein starkes Sinken der Wärme; welches in den nördlichen Gegenden während der ersten fünf Tage sehr stark ist, dann gemäßigter fortgeht und erst gegen Mitte September, wo in südlichen Gegenden der Herbst beginnt, wieder beschleunigt wird.

Mit Anfang des Oktober tritt ein Stillstehen in dieser Wärmeabnahme ein; für die nördlicheren Oerter folgt der Nachsom-

Digitized by Google

rigen Erörterungen zur Genüge hervor. Die fühlbare Wärme der inneren Pflanzensubstanz steigt in demselben Verhältnisse,

---

mer; selbst in Umea und Stockholm äussert sich dasselbe vom 30. September bis zum 5. Oktober merklich; im nördlichen und mittleren Deutschland so wie in England tritt er zu derselben Zeit ein, in Petersburg und Wien beiläufig zwischen dem 4. bis 12. Oktober, auf dem St. Gotthard aber erst gegen den 18. Oktober. Von hier an nimmt die Wärme stark ab, ja es zeigt sich zwischen dem 5. bis 25. Oktober schon der Anfang der Kälte, welche jedoch zwischen dem 20. bis 25. oder 30. Oktober von einer Rückkehr der Wärme unterbrochen wird; diese beobachtet man in Rochelle und Rom zwischen dem 30. bis 4. November; in Mannheim ist sie aber gering und in Cuxhaven, London und Zwanenberg fast unmerklich; in Petersburg dagegen wird sie zwischen 4. bis 9. November sehr stark. Von da bis zum 24. November nimmt die Kälte überall zu, wird jedoch zwischen dem 19. bis 26. neuerdings gehemmt, worauf durch den ganzen December die Zunahme der Kälte nur mit geringen Unterbrechungen fortfährt, und in der ersten Hälfte des Januar ihre größte Höhe erreicht. Aus der ganzen Übersicht erhält man eine klare Einsicht in die Ab- und Zunahme für das ganze Jahr und in das Klima verschiedener Gegenden. Zu näherer Belehrung verweise ich auf meinen Aufsatz in der Zeitschrift für das Forstwesen 7r Bd. 1s Heft Seite 1 bis 128.

Böckmann, Wucherer, Plac. Heinrich, dessen Folgerungen Schmöger in Regensburg oft als die seinigen angiebt, und andere Physiker haben diesen Gegenstand aufmerksam behandelt; und besonders hat Schübler hinsichtlich der Temperatur der Vegetabilien in der früher berührten Dissertation sehr interessante Beobachtungen mitgetheilt. In einer Tabelle hat er sowohl die Temperatur der Luft und Bäume bei Sonnenaufgang als auch Nachmittags; dann die mittlere Temperatur der 5 vorhergehenden Tage, die Summe der Wärmegrade und die Zahl der Tage vom 21. März nebst der mittleren Temperatur von dieser Zeit anfangend für viele Pflanzen, besonders für die Baumarten, zusammengestellt und darin nachgewiesen, daß zwischen dem 10. April und 9. Mäi die meisten Gewächse blühen, und im Allgemeinen die Wärme bis zum Juli wächst, womit die innere Wärme der Bäume gleichen Schritt hält.

Digitized by Google

in welchem sich die Capacität der Pflanzen für die Wärme vermehrt; die fühlbare Wärme der Blätter ist größer und ihre Eigenwärme geringer als jene der keimenden Samen *). Von der Wärme der Luft und des Bodens, mit deren Mittel die Produktivkraft in geradem Verhältnisse steht, weswegen im Allgemeinen die Menge und Mannichfaltigkeit der Pflanzen mit Zunahme der geographischen Breite abnimmt, und von ihren verschiedenartigen Einflüssen hängt das Leben der ganzen organischen Natur ab. Unter Einfluß des Lichtes und der Wärme werden die wichtigsten Nahrungsstoffe, z. B. Kohlensäure, Humussäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselerde, Kalkerde ꝛc. durch die Blätter desoxydirt und bei den edleren Pflanzengattungen, in welchen die Zucker- und Ölbildung vorzugsweise hervortreten muß, wird ihr Einfluß um so stärker seyn müssen, je besser diese Stoffe sich ausbilden sollen. Besonders in denjenigen Lebensperioden, in welchen die Pflanzen blühen und Samen bilden, wirkt der Licht- und Wärmereiz sehr vortheilhaft. Die in die Höhe gezogenen Pflanzen, z. B. Bohnen, Hopfen, Weinreben und andere, das Dünn- und Dichtstehen ꝛc. geben die einfachsten Belege zu dieser Wahrheit.

V.

Einfluß der Elektricität auf Ernährung der Gewächse.

Es ist zwar noch nicht direkt erwiesen, daß die Elektricität, als deren Grundursache man einen eigenthümlichen, unwägbaren, ausdehnsamen Stoff annimmt, materiell auf die Ernährung der Gewächse einwirkt; zu der Annahme dürfte die Ansicht von einer elektrischen Materie berechtigen; allein es ist durch Beobachtungen dargethan, daß sie die innere Kraft des vegetabilischen Lebens weckt, erhöht, als besonderes Reiz-

*) Kastners Experimentalphysik. 2ter Bd. S. 631.

Digitized by Google

mittel wirkt, und das Wachsthum der Pflanzen auf eine oft unbegreifliche Weise befördert. Einzelne Zweige von Bäumen, welche man elektrisirte, trieben früher Blätter, als die nicht elektrisirten; auf die Wurzeln mancher Pflanzen ließ man elektrische Ströme einwirken, und sah sie innerhalb weniger Stunden eine solche Größe erreichen, welche sie, ohne elektrisirt worden zu seyn, erst in wenigen Tagen erlangt haben würden.

Vergleichende Versuche, welche man an Pflanzen von einerlei Art anstellte, wovon man einige durch elektrische Ströme reizte, andere gewöhnlich wachsen ließ, bestätigen diese Behauptung. Unter Andern hat Westrumb *) auf sogenannten Treibgläsern mehrere Hyacinthen in völlig dunkle Kasten gesetzt, einige derselben täglich mehrmals auf ein Isolatorium gebracht und etwa 10 bis 15 Minuten der Einwirkung eines elektrischen Stromes ausgesetzt; sie trieben und schossen schnell in die Blüthen; allein diese waren doch lange nicht so vollkommen, als diejenigen Hyacinthenblüthen, welche auf Treibgläsern an Zimmerfenstern, und ebenfalls elektrisirt, gezogen worden waren, wovon der Grund in dem Einflusse des Lichtes und der Wärme zu suchen ist. Die anderen nicht elektrisirten Hyacinthen in einem dunklen Kasten schossen zwar etwas in die Blätter, aber ihre Farbe war blaßgrün, gelb, sie selbst waren welk und zeigten nicht eher Spuren von Blüthen, bis sie an das Tageslicht gebracht, oder der elektrischen Einwirkung ausgesetzt wurden.

Aus diesen und ähnlichen Versuchen erkennt man nebst dem Einflusse der elektrischen Materie auf das Wachsen der Pflanzen zugleich noch die Wahrheit, daß sie einigermaßen den Mangel an Licht ersetzt; denn Westrumb stellte dieselben Versuche im Dunkeln auch mit Rosen an und fand, daß die Farbe ihrer Blätter gelb, die Pflanze kränklich wurde und in

*) Kastners Archiv für Gesammt-Naturlehre. 7ter Bd. S. 351.

Digitized by Google

dieſem Zuſtande verblieb, bis ſie ein elektriſcher Strom umfloß und mehrfach aufregte. Berückſichtigt man die Erſcheinungen der Erregung und Mittheilung der Elektricität und die galvaniſchen Proceſſe, wie ſie die Theorie darſtellt, ſo läßt ſich daraus theilweiſe ermeſſen, daß die Einwirkung der aus der atmoſphäriſchen Luft zu den Pflanzen gelangenden Mengen von Elektricität bedeutend ſeyn müſſe. Durch chemiſche und organiſche Thätigkeit wird fortwährend Elektricität erregt; die Pflanzen werden daher ſowohl im Boden durch die Wurzeln, als in der Luft durch die Blätter mit jener verſehen, wodurch ihre Organe gereizt und der Wachsthumsproceß ſehr befördert wird.

Obgleich die in geringer Menge vorhandene Elektricität das Gedeihen der Pflanzen ſehr begünſtigt, wovon uns der Gewitterregen und Thau, welche ſehr ſtark elektriſch ſind, Beweiſe im Großen liefern, ſo befördert daſſelbe doch keine zu große Menge. Denn ſchon van Marum *) hat gefunden, daß ein ſtark elektriſcher Funke, den man durch eine Pflanze leitet, jede Bewegung der Säfte unmittelbar hemmt, und die Lebenserregung vertilgt. Auch hat v. Humboldt hierüber mehrere ſehr intereſſante Verſuche angeſtellt; er leitete durch friſche Blüthenſtengel wiederholt ſchwache Schläge der Kleiſtiſchen Flaſche und bemerkte, daß die Zweige alle Straffheit verloren, ſich wie welke Grashalmen neigten und in Folge der übermäßigen Elektricität eben dieſelbe Erſcheinung ſchnell darboten, welche die Entziehung der Feuchtigkeit oder Wärme nur allmählig hervorbringen. In wie fern hiermit nicht ſowohl ein gänzliches Tödten des vegetabiliſchen Lebens, als vielmehr eine bloſe Schwächung der Lebenskräfte, alſo keine mechaniſche Zerſtörung der Organe verbunden iſt, möchte der Umſtand erklären, daß die Lähmung, wenn die Schläge nicht zu heftig ſind, durch Kochſalzſäure gehoben und die vorige

*) Ingenhouß, Ernährung der Gewächſe. S. 97.

Straffheit durch Eintauchen des Stengels in jene Säure wieder hergestellt werden kann.

Im Allgemeinen wirkt demnach eine starke Elektrisirung für die Gewächse nicht vortheilhaft; Beobachtungen haben jedoch gezeigt, daß eine, aber schnell vorübergehende, intensive Elektricität das Pflanzenwachsthum sehr begünstigt, weil theilweise vom Blitze getroffene Gewächse weit üppiger wachsen als zuvor. Diese, freilich nur zufällige, Erscheinungen liefern Beweise für die Einwirkung der elektrischen Materie auf das Gedeihen der Pflanzen, und durch Versuche hat man noch gefunden, daß im Besonderen die positive Elektricität die negative hinsichtlich des wohlthätigen Einflusses weit übertrifft, aber zugleich auch das Leben der Pflanzen in demselben Grade schneller vernichtet. Diese Thatsache begründet die positiv elektrische Eigenschaft des Wassers überhaupt und des Thauwassers im Besonderen, welches bekanntlich das Gedeihen der Pflanzen so sehr begünstigt. Zu keiner Zeit geht die Entwickelung der verschiedenen Vegetationsperioden schneller vor sich, als wenn in der atmosphärischen Luft viel Elektricität angehäuft ist, oder wenn der Boden und die Vegetabilien durch einen Gewitterregen befeuchtet werden, welcher bekanntlich sehr viel Elektricität mit sich führt.

Sie bildet sich vorzugsweise in der atmosphärischen Luft, und verschwindet häufig wieder, ohne daß man darüber zureichende Erklärungsgründe anzugeben weis; sie wirkt theils unmittelbar aus der Luft, theils mittelbar durch die gasförmigen Substanzen und durch den Boden auf die Pflanzen, verhält sich also wie das Licht und die Wärme. Das Wasser, welches zu den guten Leitern der Elektricität gehört, gelangt zu den Blättern und Zweigen vermittelst Erscheinungen des Regens, Thaues und Nebels und ist theilweise Ursache, warum das Wachsthum der Pflanzen durch den Thau, wobei gemäß vieler Beobachtungen die Elektricität meistens zunimmt, so sichtbar befördert wird. Das am Abend gesäete, aber erst am folgenden Morgen untergepflügte Getraide wächst stets

Digitized by Google

vortrefflicher, als das sogleich bedeckte; den Grund hat man vorzugsweise der dem Thauwasser oder den atmosphärischen Dämpfen beigemischten Elektricität zuzuschreiben. Man hat nämlich beobachtet, daß die in positiv elektrisches Wasser gelegten Samen um mehrere Tage früher keimten. Das meistens schnelle Emporschießen der Pflanzen im Frühlinge darf man mit großer Wahrscheinlichkeit dem Umstande zuschreiben, daß in dieser Jahreszeit die atmosphärische Luft stark mit Elektricität geschwängert ist. Das Treiben der Waldgewächse während des Mai und Juni hängt größtentheils von diesem stark elektrischen Zustande der Luft ab, und zeigt sich besonders an den Nadelhölzern. Beobachtungen haben dargethan, daß während dieser Monate mit jedem Regen und Thau, selbst ganz unabhängig von Gewittern, zu den Pflanzen und dem Boden viel Elektricität gelangt.

War der Regen nach heißen Tagen, in Folge deren die Luft sehr stark elektrisirt wurde, stark, so nimmt das Wasser viel elektrische Materie auf, führt sie den Blättern der Pflanzen und dem Boden zu und befördert durch jene theils unmittelbar, theils mittelbar das Wachsthum. Durch Versuche hat man ferner gefunden, daß durch viel Elektricität die Fäulniß und Verwesung der vegetabilischen Überreste wesentlich beschleunigt wird. Auf diesem Wege gelangt also viel Elektricität zu den Pflanzenwurzeln, welche auf die materiellen und gasförmigen Bestandtheile des Bodens zersetzend einwirkt und mittelbar zur Beförderung des Gedeihens der Pflanzen wesentlich beiträgt.

Da die Elektricität die Eigenschaft besitzt, die Körper zu oxydiren, was wenigstens von den Metallen erwiesen ist; da bei Zersetzungen und Verbindungen der Körper Elektricität erregt wird; da durch ihren Einfluß Fäulniß und Verwesung befördert werden; da mancherlei elektro-chemische Processe entstehen, welche das Wachsthum der Pflanzen sehr befördern und diese in dem Boden für die Bereitung der Nahrungsstoffe die wichtigste Rolle spielen, wodurch in denjenigen

Digitized by Google

Bodenarten die größte Menge von Elektricität entwickelt wird, in welchen die größte Menge verschiedenartiger und leicht zersetzungsfähiger Körper angetroffen wird; so erhält man in diesen Thatsachen Belege genug für die Einwirkung der Elektricität auf das Leben und Gedeihen der Gewächse, obgleich die Untersuchungen darüber eben so wenig vervielfältigt sind, als über den unmittelbaren Einfluß durch die atmosphärische Luft, welche in der Regel am Morgen sich in der größten elektrischen Spannung befindet, woraus sich leicht zureichende Gründe ergeben, warum die zu dieser Zeit ausgesäeten Samen im Durchschnitte fröhlicher keimen und die jungen Pflanzen am Üppigsten vegetiren. Auch muß man die Ursache, warum das Regenwasser zur Ernährungs- und Wachsthums-Beförderung der Pflanzen weit mehr beiträgt als das Brunnenwasser oder gewöhnliche Flußwasser, wenigstens theilweise in dem größeren Gehalte an Elektricität suchen.

Durch Beobachtungen und Versuche ist erwiesen, daß die Elektricität den Oxydationsproceß einleitet, unterhält, und, was wenigstens als höchst wahrscheinlich anzunehmen ist, vielleicht auch vollendet. Da Berührung die reinste und in gewisser Hinsicht die reichhaltigste Quelle der Electricität ist, indem sich zwei Körper von verschiedener Natur, wenn man sie mit einander in Berührung bringt, gegenseitig in einen elektrischen Zustand, welcher allerdings sehr schwach ist, versetzen und diese galvanischen Processe im Boden und in der Luft bei den vielen heterogenen Stoffen, welche sich in beiden in der großartigsten Mischung neben einander befinden, in zahlloser Menge vor sich geben, so darf man die durch theoretische Untersuchungen gefundenen Wahrheiten, daß das Wasser vermittelst Einwirkung der beiderlei Elektricitäten, der positiven und negativen, in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird und ihre Hauptrichtung auf Säuerung hingeht, für die Ernährung der Gewächse als höchst einflußreich wirkend ansehen, und sich überzeugt halten, daß sie für die vege-

Digitized by Google

tabilischen Produkte eine wichtige Rolle spielt, welche spätere Aufschlüsse der Physik und Chemie durch mehr Thatsachen begründen und das Band, welches sie mit der Vegetation verbindet, klarer entwickeln werden, wozu jene galvanische Processe die Grundlage bilden dürften.

VI.

Einfluß der atmosphärischen Feuchtigkeit auf die Gewächse.

Nächst dem Lichte und der Wärme ist vorzüglich die Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft dasjenige Mittel, wodurch die Anzahl der Gewächse, ihre Lebenskraft und Größe zu bestimmen ist. Je weniger sichtbare oder unsichtbare Dünste sie enthält, d. h. je trockener sie ist, desto mehr vermindert sich die Zahl der Gewächse. Im Gegentheil verursacht zu große Feuchtigkeit ungesunde Luft, welche aber nur den Menschen und Thieren nachtheilig, den Pflanzen und Insekten dagegen sehr zuträglich ist. Die atmosphärische Feuchtigkeit und Wärme begründen in ihrer Vertheilung das, was man Klima nennt. Beide stehen in einer höchst einflußreichen Wechselbeziehung zu dem vegetabilischen Leben, indem Wärme ohne Feuchtigkeit die Vegetation eben so wenig begünstigt als diese ohne jene. Nur unter bestimmten Graden beider können sich die Pflanzen vollkommen entwickeln. Dieser Feuchtigkeitsgrad wird entweder durch den Regen und Thau oder durch die Wasserdünste erzeugt.

Welchen großen Einfluß z. B. die Menge des fallenden Regens bei einem entsprechenden Wärmegrade auf das Pflanzenleben ausübt, erkennt man an den Floren eines und desselben Landes, dessen einzelne Gegenden mehr oder weniger Regen erhalten. Die Flora des südlichen Frankreichs weicht von der des mittleren bedeutend ab; Pflanzen, welche an dem Meeresufer in großer Menge wuchern, kommen in der

Digitized by Google

Gegend von Lyon nicht mehr fort. Nun ist die mittlere Jahreswärme dieser Gegend von jener wenig verschieden, mithin kann in ihr der Grund jener Differenz eben so wenig liegen als in der geognostischen Verschiedenheit des Bodens. Wenn auch auf einer Gesteinart Pflanzen vorzugsweise fortkommen und auf der anderen fehlen, so erzeugt dieser Umstand wohl Differenzen in der Vertheilung der Species, indem eine Pflanze vorzugsweise diese, die andere jene Bodenart liebt, niemals aber wird dadurch der Charakter einer ganzen Flora geändert. Mit Ausschluß der Gebirgsgegenden unterscheidet man in Frankreich drei Floren *). Die des südwestlichen in der Gegend von Bordeaux, Toulouse, la Rochelle, die des mittleren Frankreichs und endlich die des südlichen Rhonethales. Vergleicht man diese einzelnen Regionen mit den in diesen verschiedenen Gegenden stattfindenden Regenverhältnissen, so findet man, daß letztere die Hauptrolle für jene Differenzen spielen. Auch in Italien trifft man ähnliche Differenzen an; denn in der Gegend von Genua gedeihen die Palmen, nicht sowohl, weil sie durch die Alpen von den Nordwinden geschützt werden, sondern weil die Sommerregen und mit ihnen die häufigen Temperatur-Erniedrigungen während des Sommers fehlen; die Flora von Genua ist daher eine ganz andere als die von Piemont **); denn die zwischenliegende Bergkette verhindert die Wanderung der Pflanzen nicht; sie wirkt nur mittelbar, indem

*) De Candolle, in der Flore Française, hat eine Karte von Frankreich geliefert, worauf er diese Floren aufzeichnete.

**) Schouw Pflanzengeographie, Seite 183. Genua erhält im Sommer kaum 9 Zoll Regen, im Winter aber über 27 und im Frühling über 28, im Herbste gegen 35 Zoll; Padua dagegen erhält im Sommer gegen 26, im Winter gegen 19, im Frühlinge gegen 26 und im Herbste gegen 29 Zoll Regen. Die Regenmenge des Sommers bietet also für beide Gegenden einen bedeutenden Unterschied, beinahe in dem Verhältnisse 9 : 27 oder 1 : 3, dar.

Digitized by Google

sie eine Verschiedenheit der Klimate bedingt. Nach Sauſsure's Beobachtungen *) wachsen bei Aoſta die Celtis australis und viele Kräuter, welche nördlich von den Alpen nicht wachsen, der Wein gedeiht vortrefflich und viele andere Pflanzen (und Thiere warmer Länder) beweiſen die große Verſchiedenheit des Klima's. Auf vielen Höhen der Alpen gedeihen einzelne Pflanzen, welche anderwärts ſelbſt in Ebenen nicht forikommen.

Wir ſehen alſo überhaupt die durch den Regen erzeugte Feuchtigkeit auf die Vegetation einen ſehr großen Einfluß ausüben und eben dadurch für die vegetabiliſche Produktionslehre einen Hauptgeſichtspunkt bilden, wobei man jedoch nicht allein die Menge, ſondern vielmehr die Vertheilung des Regens berückſichtigen muß, wenn man jenen Einfluß nachweiſen will. Beobachtungen zeigen, daß z. B. auf den ſüdlichen Abhängen der Bergkette der Alpen die Regen im Sommer reichlicher werden, und doch eine größere Annäherung an das italieniſche Klima angetroffen wird, und daß eine geringere Regenmenge bei größerer Anzahl von Regentagen einen günſtigeren Einfluß auf die Vegetation ausüben dürfte, als eine größere bei geringerer Anzahl von Regentagen. Dieſe und ähnliche andere Beiſpiele geben uns Beweiſe von dem großen Einfluſſe der atmoſphäriſchen Feuchtigkeit auf die Vegetation **),

*) In ſeinen Reiſen. IV. 175. S. 982 und 983.

**) Der Feuchtigkeitszuſtand der Luft übt überhaupt auf die klimatiſche Beſchaffenheit eines Landes einen mächtigen Einfluß aus; ſie verändert das Bild deſſelben, macht wohl fruchtbar, iſt aber in großer Menge ungeſund für Menſchen und Thiere. Dagegen wird ein trocknes Land für die menſchliche Geſundheit wohl günſtiger, allein ſtets unfruchtbarer und iſt bald nicht mehr im Stande, ſeine Bewohner zu nähren; die Wüſten geben uns Belege hierzu. In der atmoſphäriſchen Feuchtigkeit muß man die Urſache des Unterſchiedes zwiſchen den amerikaniſchen Steppen und den ſandigen Wüſten Afrika's ſuchen, welche ganz von jedem Pflanzenwuchſe entblößt ſind, wogegen ſich jene zur ſogenannten

Digitized by Google

weswegen der Feuchtigkeitszustand der Luft sehr aufmerksam betrachtet zu werden verdient. Beobachtungen über die jährlichen Regenmengen, über Thau und Nebel und über die atmosphärischen Dünste überhaupt führen zur Kenntniß der Abhängigkeit jenes Zustandes, auf welchen die Verdunstung des Meer-, Fluß- und Seewassers, die Ausdünstung der Wälder und Gewächse überhaupt vor allen einwirken. Die besondere Erörterung dieser meteorologischen Verhältnisse in Bezug auf die Abhängigkeit der atmosphärischen Feuchtigkeit in Folge der verschiedenen einwirkenden Erscheinungen übergehe ich, da ich sie anderwärts versucht habe *) und auch nicht hierher gehört.

Regenzeit mit einem üppigen Graswuchse überziehen, welcher einzig und allein eine Folge der Feuchtigkeit ist. Den äußersten Grad von Trockenheit erkennt man an jenen Wüsten, welche von Pflanzen und allen lebenden Wesen entblößt sind; ihn muß man als das traurige Bild der Abgelebtheit der Welt, als die Natur in ihrem kraftlosen Alter betrachten. Die Vermeidung dieser Trockenheit und andererseits der großen Feuchtigkeit hat die menschliche Betriebsamkeit vorzugsweise zu berücksichtigen; denn Trockenheit erzeugt Unfruchtbarkeit, allmähliges Elend und Entvölkerung.

*) In der Forst- und Jagdzeitung von Behlen habe ich in verschiedenen Aufsätzen die Bedingungen der Feuchtigkeit der Luft; die Abhängigkeit und Menge des jährlich fallenden Regens; die Abhängigkeit der Quellen nach physischen Grundsätzen entwickelt; im Jahrgange 1828 September-, Oktober- und Novemberheft; 1830 im Aprilheft findet man die Aufsätze.

Die Verdunstung des Wassers und Ausdünstung der Pflanzen und der übrigen Gegenstände der Erdoberfläche geben Veranlassung zu den atmosphärischen Dünsten und deren Verdichtung zu Regen, dessen Menge von der geographischen Lage, von dem Vorhandenseyn der Meere oder fließenden Gewässer, von den vorherrschenden Winden, ihrer Richtung und Beschaffenheit, welche sich von der Beschaffenheit der Länder, über welche sie streichen, annehmen; von den Gebirgen, welche die atmosphärischen Dünste aufhalten, auf ihre Bildung unmittelbar wirken und ihr Verdich-

Digitized by Google

Der größere oder geringere Grad von Feuchtigkeit ist eine der vorzüglicheren Ursachen, worauf die Verschiedenheit der Vegetation auf Gebirgen und Ebenen, an den Küsten und im Innern der Länder beruht, und wornach die vegetabilischen

---

ten und Niederschlagen bewirken, und besonders von den auf Gebirgsanhöhen befindlichen Waldungen abhängt; denn Wälder, welche die Ebenen bedecken, haben auf die Regenmenge wenig Einfluß, da, wie Beobachtungen zeigen, oft unter gleicher Breite die waldreichen Gegenden keine größere Regenmenge erhalten, als die ihrer Wälder beraubten; allein alle Waldungen gehören in diesem Falle den Ebenen an, deren Regenmenge durch jene wenig vermehrt wird. Vorzüglich sollten daher für ein Land die Bergrücken bewaldet bleiben. Diese Verhältnisse mit vielen Vergleichungen bewaldeter und unbewaldeter Länder hinsichtlich ihrer jährlichen Regenmenge habe ich in obiger Zeitung 1828 November und December geprüft.

Die Ursachen der Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft bestehen vorzüglich in der Verdunstung des Meer-, stehenden und fließenden Wassers und in der Ausdunstung der Waldungen; wirkt keine dieser Ursachen weder unmittelbar noch mittelbar, so hören mit steigender Zunahme der Trockenheit, sowohl die Fruchtbarkeit, als auch der Pflanzenwuchs und die Vermehrung der Menschen und Thiere allmählig mehr auf, so wie umgekehrt beim Wirken aller dieser Ursachen, Gewächse und Insekten den ganzen Reichthum ihrer Fruchtbarkeit entwickeln; aber Menschen und vollkommner organisirte Thiere in ihrem Daseyn gefährdet werden. Zu große Trockenheit ist daher ein eben so großes Unglück als zu große Feuchtigkeit; jene zeigt sich durch Unfruchtbarkeit und Hunger, diese durch Ungesundheit der Luft und ansteckende Krankheiten. Die Erforschung der Ursachen beider Extreme und die Aufsuchung der Mittel, ihren schädlichen Einwirkungen vorzubeugen, sind daher Gegenstände von höchstem Interesse und größter Wichtigkeit, da sie auf die Erhaltung des allgemeinen Gesundheitszustandes, der Wohlfahrt der Staaten und der Grundlagen des Reichthums und Glückes der Menschen den mächtigsten Einfluß ausüben. In obigem Aufsatze über Abhängigkeit der atmosphärischen Feuchtigkeit habe ich jene Mittel berührt und dabei auf verschiedene Gesichtspunkte aufmerksam gemacht.

Digitized by Google

Erscheinungen erklärt werden müssen. Ohne sie würde man letzteres entweder nicht vermögen oder zu ganz irrigen Ansichten verleitet werden. Den wenig ausdünstenden Pflanzen, z. B. den Rüben, dem Kohle und überhaupt den kreuzförmigen Pflanzen kömmt die große Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft an den nördlichen Küstenländern von Frankreich und besonders das Klima von England, welches wegen seiner feuchten Luft im Sommer keine sehr hohe, und im Winter und Herbste mehr Regen erhält als im Sommer und Frühlinge *), so wie überhaupt allen Küstenländern sehr zum Vortheile. Denn sie befördert den Graswuchs und das Grüne der Wiesen ausserordentlich, und trägt vor vielen Ursachen das Meiste dazu bei, daß die Fütterung für das Vieh in England viel besser ist, als in Frankreich und in manchen anderen trocknen Ländern. Anders verhält es sich mit solchen Pflanzen, welche viel ausdünsten; ihre Periode vom Ausschlagen

*) Oertliche Verhältnisse bringen hierin Verschiedenheiten hervor; denn während im westlichen und südlichen England die Winter- und Herbstregen vorherrschen, sind im Innern und östlichen Theile von England die Sommer- und Herbstregen überwiegend, wie folgende Uebersicht zeigt.

Zu	Ist Regenmenge im			
	Sommer,	Herbst,	Winter,	Frühling
Bristol	23,2 Zoll	32,5 Zoll	20,5 Zoll	23,8 Zoll,
Liverpool	27,6 „	32,9 „	21,6 „	17,9 „
Mancheſter	27, „	29, „	24, „	20, „
Lancaster	28,3 „	29,4 „	26,2 „	16,1 „
Kendal	22,8 „	29,2 „	30,4 „	17,6 „
Dover	21,6 „	28,0 „	30,3 „	20,1 „
Branxholm	24,3 „	31,1 „	23,9 „	20,6 „
Oxford	24,4 „	34,4 „	21,9 „	19,3 „
London	23,5 „	30,5 „	23,6 „	22,4 „
Epping	22,7 „	34,6 „	20,5 „	22,1 „
Lyndon	31,3 „	28,2 „	20,8 „	19,6 „
Glasgow	29,9 „	27,3 „	24,9 „	17,8 „
Edinburgh	26,8 „	29,9 „	23,4 „	19,9 „

Digitized by Google

bis zur eigentlichen Fruchtreife dauert nicht allein sehr lang, sondern sie erreichen letztere oft gar nicht. Hierin muß man daher einen großen Theil des Grundes suchen, warum in den Gegenden von London die Trauben selten im Freien, oder oft gar nicht reif werden, wenn gleich die mittlere Temperatur in den heißen Monaten 14,4° und die jährliche Mitteltemperatur 8 bis 9° R. beträgt. Der Mangel an Wärme kann also die Ursache nicht allein seyn; die große Feuchtigkeit hält das Ausdünstungsgeschäft zurück; die Vegetationsperioden können nicht gehörig fortschreiten und die Zeit der Reife aller Gewächse, welche zu dieser eine starke Ausdünstung ihres Wassers bedürfen, wird, wenn nicht ganz verhindert, doch sehr in die Länge gezogen. Dieser Feuchtigkeitszustand ist für Bayern, dessen Waldungen jenen vorzugsweise herbeiführen, und Ursache einer Erniedrigung der Temperatur sind, ein besonderer Grund, warum der Weinbau in den älteren Kreisen nicht gedeiht *).

*) Denn die Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft drückt zugleich, nebst dem, daß sie die Ausdünstung der Vegetabilien, besonders des Weinstockes, verhindert, die Temperatur herunter. So liegen Würzburg, Tirschenreuth und Aschaffenburg mit Amiens, Barfleur und Montmedy im Durchschnitte unter 49° der Breite; jene Städte haben eine jährliche Mitteltemperatur von 8 bis 9° und erhalten 24 bis 26 Zoll Regen; diese aber eine Temperatur von 10 bis 11° R. mit einer Regenmenge von 17 bis 18 Zoll; für die Temperatur beträgt also der Unterschied 2°, für die Regenmenge 7 bis 8 Zoll. Dillingen und Augsburg liegen mit Paris und Nancy unter gleicher Breite von 48°; jene Städte haben eine Mitteltemperatur von 9 bis 9,2° und jährliche Regenmenge von 25 bis 25,4 Zoll; diese eine Temperatur von 10 bis 10,6° und Regenmenge von 17 bis 18 Zoll. Bayreuth und Bamberg liegen mit Chatillon für Marne und Clermont unter 49° der Breite, jene haben eine Mitteltemperatur von 8 bis 9° R., diese von 10 bis 10,7°; jene erhalten 25 bis 26 Zoll, diese 17 bis 18 Zoll Regen u. s. w. Die Feuchtigkeit der Luft ist in Bayern um $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{8}$ größer als in Frankreich, wovon man den Grund fast allein in den Waldungen jenes suchen muß. Forstzeit. 1828. Septemb. bis Decemb.

Digitized by Google

In der Normandie und Bretagne wird wegen der großen Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft der Wein nicht mit Vortheil cultivirt. Andere Küstenländer bieten ähnliche Beispiele dar, so daß man nur dem Feuchtigkeitsgrade die Beschränkung der Cultur der Gewächse zuschreiben muß, indem weder zu hohe Breitegrade noch jährliche Mitteltemperatur die Ursache des Nichtgelingens der Fruchtreife seyn können. In anderen Gegenden unter gleichen Breiten und derselben Mitteltemperatur, aber bei weniger feuchter Luft, kommen dagegen Früchte von denselben Gewächsen zur Reife. Umgekehrt lehrt die Erfahrung, gedeihen die Cucurbitaceen weit besser in einer feuchtwarmen als trocknen Luft *).

Fragt man rücksichtlich der Feuchtigkeitsgrade, worauf es für das Gedeihen der Gewächse im Besonderen ankomme, so antwortet die Erfahrung, daß es eben so, wie bei der Wärme, nicht auf die Feuchtigkeitsgrade des ganzen Jahres, sondern nur auf die in denjenigen Monaten, welche mit gewissen Perioden der Vegetation zusammentreffen, ankömmt. Daß Frühling und Herbst im Allgemeinen feuchter sind als der Sommer, aber selbst jener wieder feuchter ist, als der Herbst, ist eine in der Natur der Sache begründete Erscheinung, welche aber von mancherlei örtlichen Verhältnissen abhängt und nach diesen wesentlich modificirt wird. Während der Einfluß der Wärme und des Lichtes besonders die Entwickelung der Frucht bis zum Reifwerden wesentlich befördert, gewährt der Feuchtigkeitsgrad derjenigen Monate, in welchen die Früchte reif werden, diesem Vegetationsakte oft große Vortheile. Für den Wein

*) Die Melonen werden nichts weniger als aus den südlichen Provinzen Frankreichs, wo sie eigentlich herkommen sollten, sondern aus Harfleur unter 49° der Breite an der Mündung der Seine nach Paris gebracht. Joungs Reisen durch Frankreich, 2ter Bd. S. 25. Ähnliche Beispiele findet der aufmerksame Beobachter in jedem Lande, selbst in einzelnen Gegenden desselben; die verschiedenen Obstarten bieten viele Gesichtspunkte dafür dar.

Digitized by Google

sind es die Monate September und Oktober und für unsere Obstarten August und September *).

*) Von sämmtlichen Verhältnissen über die Feuchtigkeit der Jahreszeiten und verschiedenen Monate gibt folgende Übersicht von den verschiedenen Regenmengen einfache Belege:

Ist die Regenmenge im

Zu	Frühling		Sommer		Herbst		August		Sept.		Oktober	
	Vor	Ein.	Vor	Ein.	Vor	Ein.	Vor	Ein.	Vor	Ein.	Vor	Ein.
Bordeaux . .	21	4	24	1	26	7	1	7	1	6	2	4
La Rochelle .	19	7	17	9	34	2	1	3	2	3	3	1
La Vallerie . .	21	1	18	3	33	3	1	4	2	—	3	5
St. Maurice	10	8	19	7	36	3	1	5	1	7	3	5
Sparendam .	20	1	25	5	40	4	1	3	3	4	4	10
Franecker . .	16	8	28	8	32	5	2	10	2	11	2	10
Rotterdam . .	22	3	29	3	31	9	2	6	2	10	2	1
Breda	18	—	23	9	34	9	1	3	3	1	1	11
Middelburg .	14	1	31	5	32	6	3	11	3	3	2	9
Zwanenburg .	18	4	31	6	29	9	3	—	2	10	2	11
Poitiers . . .	19	9	31	4	29	5	2	2	2	8	1	7
Paris	25	—	30	5	23	8	1	11	1	11	1	4
Montmorenci	24	9	28	9	24	7	1	9	1	11	1	7
Brüssel	23	7	30	7	26	9	1	9	2	—	1	6
Metz	25	2	21	1	31	1	2	3	3	2	1	9
Troyes	27	4	28	1	25	8	2	1	1	9	1	—
Mühlhausen .	26	4	28	5	25	9	3	1	1	9	2	4
Straßburg . .	23	6	34	1	26	3	2	5	2	8	1	11
Koblenz . . .	24	—	35	—	24	8	2	6	2	3	1	3
Mannheim . .	23	7	32	6	25	4	2	—	2	—	2	—
Karlsruhe . .	22	5	31	—	25	2	2	4	2	1	2	—
Stuttgart . .	19	8	33	5	26	6	2	8	2	7	2	—
Tübingen . . .	21	4	39	9	24	—	3	2	2	3	2	—
Ulm	19	5	36	6	22	6	—	—	—	—	—	—
Würzburg . .	25	9	26	9	21	4	1	2	1	3	1	—
Regensburg .	17	7	40	1	22	9	2	9	2	—	1	5
Tegernsee . .	18	5	44	7	20	4	6	—	3	5	3	6
Ander	22	7	43	3	14	5	4	—	1	3	1	4
Peißenberg . .	20	7	47	7	18	7	2	11	1	8	1	5
Augsburg . . .	23	—	35	2	23	5	4	—	3	5	3	4
Göttingen . .	18	1	35	9	27	6	3	5	2	8	2	—
Erfurt	21	7	41	—	21	8	2	2	1	1	1	—
Sagan	18	5	37	1	23	5	2	—	1	2	1	5
Prag	23	2	24	3	29	6	3	6	1	4	1	5
Hagenau . . .	21	2	28	—	32	—	3	2	3	—	1	10
Bamberg . . .	21	9	33	4	30	9	1	7	1	7	1	9
Beziers . . .	26	4	11	8	31	9	0	5	1	—	1	2
Montpellier .	22	3	12	8	36	6	1	3	2	8	5	2
Marseille . . .	22	3	12	5	44	4	—	10	3	—	3	5

Digitized by Google

Die Gewächse saugen in Folge der Ernährungsprocesse eine große Menge Wasser aus dem Boden und der Luft ein; können sie dieselbe wegen Gegendruck der äusseren Feuchtig-

Ist die Regenmenge im

Zu	Frühling		Sommer		Herbst		August		Sept.		Oktober	
	Zoll	Lin.	Zoll	Lin.	Zoll	Lin.	Zoll	Lin.	Zoll	Lin.	Zoll	Lin.
Toulon	24	1	9	3	43	6	—	7	2	6	2	8
Arles	23	1	10	5	38	8	1	5	2	—	3	10
Nimes	24	—	13	9	39	8	1	3	3	5	2	5
Orange	21	3	17	4	41	5	1	8	4	—	4	5
Viviers	22	2	20	—	38	4	2	4	4	2	4	9
Dijon	25	6	27	6	28	9	1	4	1	5	3	3
Toulouse	26	2	24	—	28	8	1	4	2	7	2	2
Genf	21	8	29	7	26	9	2	7	2	6	2	10
Lausanne	20	—	37	—	27	8	5	9	2	6	5	1
Bern	20	—	35	1	24	—	5	8	3	2	4	7
Zürich	23	6	33	3	22	8	3	5	2	4	3	8
Palermo	24	3	5	5	31	1	—	5	2	—	2	3
Rom	24	9	9	7	34	3	1	—	1	9	4	2
Siena	26	2	18	2	36	9	2	2	1	2	3	9
Florenz	20	9	12	9	30	5	1	6	3	4	5	1
Genua	28	6	9	2	35	—	3	—	4	11	7	2
Bologna	18	1	7	4	39	8	1	2	3	—	4	—
Rovigo	27	4	14	3	27	3	1	5	3	10	4	—
Verona	25	4	26	1	30	2	2	8	2	10	4	9
Trient	31	6	18	7	33	2	2	7	2	8	3	3
Padua	26	4	25	6	29	—	2	8	3	1	4	1
Udine	26	8	26	2	25	2	4	1	4	7	8	4
Conegliano	29	—	28	—	25	—	3	11	4	6	5	11
Mantua	27	3	23	—	27	9	2	7	2	2	2	6
Mailand	24	1	23	9	30	9	2	10	3	—	3	11
Turin	30	—	29	9	25	2	2	7	2	6	3	4
Brescia	24	—	27	7	26	8	5	5	4	10	5	4
Bergamo	23	4	33	4	26	1	7	11	4	4	5	4
Salo	28	5	25	1	30	8	5	6	7	11	3	5
St. Bernhard	23	7	26	1	20	—	5	7	4	3	3	4
Petersburg	19	4	36	5	30	5	2	—	2	6	1	8
Abo	18	3	28	—	36	—	3	—	3	—	3	—
Ofen	25	3	26	2	29	4	1	6	1	5	1	7
Bergen	17	9	21	—	34	5	7	11	10	3	8	8
Koppenhagen	15	4	37	7	27	8	2	9	1	9	1	6
Lund	16	9	33	—	32	1	2	1	2	—	2	1
Stockholm	13	3	38	—	33	9	3	8	2	11	1	10
Upsala	21	—	32	8	28	8	1	10	1	10	1	6

Aus dieser Übersicht erkennt man, welche Jahreszeiten und Monate für die verschiedenen Gegenden mehr oder weniger Regen erhalten, und in demselben Verhältnisse mehr oder weniger feucht

Digitized by Google

keit nicht wieder ausdünsten, so müssen nicht allein die verschiedenen Vegetationsperioden, das Blühen und vorzugsweise das Reifwerden der Früchte, sondern auch die meisten Vegetationsakte mannigfach verändert werden. Dieses zeigt sich besonders am Getraide in nassen Jahren. Die Körner derselben geben viel weniger Mehl als gleich viele von trocknen Jahren, obgleich diese Körner kleiner, aber dünnschäliger und eben darum mehlreicher sind, als jene. Das auf dürrem Boden wachsende Getraide ist daher im Durchschnitte mehlreicher als das auf nassem. Diejenigen Pflanzen, welche gewöhnlich den größten Theil ihrer Nahrung und Feuchtigkeit aus dem Boden einsaugen, saugen in einer feuchten Luft letztere aus dieser, und die Einsaugung durch die Wurzeln wird entweder ganz aufgehoben oder doch größtentheils verhindert.

Ist die Luft sehr feucht, so wird nicht allein die Ausdünstung gehemmt, sondern auch die Veredlung der Pflanzenstoffe vereitelt. Es gelangt wohl Wasser, aber ohne salzige Theile, in das Innere der Pflanzen, wodurch ein sehr wichtiges Nahrungsmittel für die Vegetabilien geschmälert wird. Dieser Umstand wird um so wichtiger, als in vielen Fällen durch die Absorbirung jener salzhaltigen Theile die Versteinerung der Fruchthüllen vorzugsweise bedingt zu werden scheint; was nasse Jahre bestätigen dürften, indem in ihnen die Bäume mehr Feuchtigkeit aus der Luft als aus dem Boden einsaugen *). Da übrigens auch aus der Luft materielle, also auch salzige Stoffe, zu den Pflanzen gelangen, so muß man jene

---

sind. So wie sich in Europa überhaupt hinsichtlich der Vertheilung des Regens zwei Gruppen von Klimaten zu erkennen geben, die des mittleren, worin die Sommerregen, und die des südlichen Europa, worin die Herbstregen das Übergewicht haben, eben so zeigt sich auch das Pflanzenleben nach denselben und bietet mehrfache Differenzen dar. An vergleichenden Beobachtungen mangelt es leider noch sehr.

*) Beobachtungen liefern Beispiele, daß z. B. Pflaumen in Folge dieser Erscheinungen nicht selten ihre Steine verlieren.

Digitized by Google

Erscheinungen nicht überall dem zu großen Feuchtigkeitsgrade der Luft zuschreiben. Wird nämlich die Feuchtigkeit durch Ausdünstung des Meerwassers, welches viel Salz enthält, erzeugt, so werden durch die Blätter Salztheile absorbirt und diese in trocknen Bodenarten wieder abgelagert *).

Bei diesem wichtigen Einflusse der atmosphärischen Feuchtigkeit auf das Leben und Gedeihen der Pflanzen, deren Lebenskraft und Größe mit der Wassermenge, womit die Luft geschwängert ist, in ziemlich gleichem Verhältnisse steht, und welche hinsichtlich der Fruchtbarkeit und des Wuchses von dem Wirken jener Feuchtigkeitsgrade am Meisten abhängen, wäre eine sehr verdienstliche Arbeit eines Naturforschers, wenn er in Ansehung der Feuchtigkeit; der Vertheilung der wässerigen Niederschläge; des Zusammenhanges der Temperatur mit der Feuchtigkeit der Luft und aller den Feuchtigkeitszustand letzterer betreffenden Verhältnisse unter steter Hinweisung auf die vegetabilischen Produkte in klimatologischer und physiologischer Beziehung einer aufmerksamen Untersuchung und getreuen Darstellung unterwerfen würde. Welches wichtige Moment

*) Von dieser Ablagerung der durch die Blätter der Pflanzen aus den Meeresdünsten absorbirten Salztheile erzählt De Candolle ein auffallendes Beispiel, wornach an den Küsten des mittelländischen Meeres der Bau der Soda aus dem Grunde aufgegeben werden mußte, weil der Boden so salzhaltig wurde, daß am Ende keine anderen Gewächse mehr gediehen. Diese Erscheinung läßt sich nun freilich auch mehrfach durch die Aushauchung der Salzsäure aus den absorbirten Salztheilen, welche von den alkalischen Theilen des Bodens wieder aufgenommen werden, erklären; allein die Gründe reichen doch nicht vollkommen hin. Der oben berührte Grund erscheint daher als wahrscheinlich richtiger; indem es sonst auffallend wäre, daß Pflanzen, welche ihren Salzgehalt aus dem Boden nehmen müßten, denselben gar noch vermehren sollten. Übrigens liefert diese Thatsache einen sprechenden Beweis für die den Gewächsen aus der atmosphärischen Luft zukommenden materiellen Nahrungsstoffe.

Digitized by Google

sie für das Pflanzenleben ist, habe ich in diesen wenigen Thatsachen nachgewiesen; die meteorologische Seite berührte ich nur anmerkungsweise, da sie streng genommen nicht zu den Nachweisungen für den Einfluß der atmosphärischen Feuchtigkeit auf das Leben, Wachsen und Gedeihen der Pflanzen gehört *).

Wirft der Leser mit mir einen aufmerksamen Blick auf das, was über die atmosphärischen Einwirkungen mittelst materieller und gasförmiger Substanzen, mittelst des Lichtes, der Wärme, Elektricität und Feuchtigkeit auf die Ernährung, Veredlung, Vervollkommnung und Wachsthums-Beförderung der Pflanzen gesagt wurde; so wird er sich vollkommen überzeugt sehen, daß vorzüglich das Licht, die Wärme und Elektricität durch ihre chemischen Eigenschaften die innere Kraft der Lebensthätigkeit anregen, die Verarbeitung der Stoffe, ihre Assimilirung in normale Bestandtheile wesentlich bedingen, das Reifen der Früchte, das Wachsthum überhaupt, und die Ausbildungen der näheren und entfernteren Pflanzenstoffe nebst Samen herbeiführen. Die vegetabilischen Produkte der heißen Zone geben dieses auf die bestimmteste Weise zu erkennen. Das Großartige des vegetabilischen Lebens in den amerikanischen Aequatorialgegenden, die Größe der dortigen Bäume **)

*) In den früher angeführten Aufsätzen über Abhängigkeit der atmosphärischen Feuchtigkeit u. s. w. in der Forstzeitung habe ich das meteorologische Moment zu erörtern versucht. In einem anderen Aufsatze werde ich nebst der Entstehung und Beschaffenheit der wässerigen Niederschläge ihren Einfluß auf das vegetabilische Leben entwickeln.

**) Diese Großartigkeit hat ihren Grund eben so sehr in dem Feuchtigkeitsgrade des amerikanischen Himmels als in der Wärme; denn zahllose Gegenden Asiens und Afrika's liegen mit ihm unter gleichem Himmelsstriche, sind aber meistens unfruchtbar und öde; es fehlt die mit der Wärme in nothwendiger Verbindung stehende Feuchtigkeit.

Digitized by Google

und die edleren gewürzreichen Gewächse der wärmeren Klimate der gemäßigten Zone bewahrheiten den großen Einfluß der atmosphärischen Beziehungen auf das Pflanzenleben im Allgemeinen.

Aus sämmtlichen Entwickelungen dürfte deutlich hervorgehen, wie man den Zusammenhang der Vegetation mit der atmosphärischen Luft anzusehen habe. Sorgfältige Vergleichungen der atmosphärischen Nahrungsverhältnisse mit denen des Bodens gewähren die überraschende Überzeugung, daß fast jede Pflanzengattung während der Entwickelung ihrer Nahrung eine eigenthümliche, mehr oder weniger von Aussenverhältnissen abhängige, Wirkungssphäre besitzt, und in ihrem Inneren gleichsam eine neue, eigene Welt bildet; daß jede Pflanze, wenn sie auch von der Aussenwelt getrennt zu seyn scheint, dennoch mit derselben durch mancherlei Verhältnisse zusammen- und von letzteren mehr oder weniger abhängt. Sieht man auf alle Vegetationsperioden mit Berücksichtigung der dabei erforderlichen Nahrungsmittel und der einwirkenden Aussenverhältnisse, so gewahrt man mit steigendem Interesse, wie in dem großen Reiche der organischen Natur die in unvollkommenen und niederen Formen begriffenen Pflanzen die äusseren Bedingungen für ihr freilich sehr einfaches Leben leicht auffinden und sich darin unverändert erhalten.

Man beobachtet, wie manche Pflanzenorgane, wenn nicht gerade ganz, doch theilweise gestört werden können, ohne daß andere wesentliche, welche in dem Unterhaltungsprocesse des Lebens am Thätigsten sind, angegriffen werden; wie die blos materiellen Nahrungsstoffe bis zu einem gewissen Maaße verschieden geändert, auf den Organismus einwirken und durch Licht, Wärme, Elektricität und atmosphärische Feuchtigkeit, oder durch ein und das andere dieser Elemente auch die eine oder andere organische Substanz in Pflanzenganzen in mehr als gewöhnlicher Menge mit veränderter Form und Eigenschaft erzeugt werden kann. Man erkennt, wie während der Stoffbildung bei den keimenden und wachsenden Pflanzen sämmt-

Digitized by Google

liche Veränderungen der Pflanzenwelt in Bezug auf ihre Ernährung chemische, elektrische (und magnetische) Verhältnisse vermittelst organischer Vertheilung zur Grundlage haben, und wie das vegetabilische Leben überhaupt in einem steten Aufnehmen und Ausscheiden, einer Oxydation und Desoxydation, der Stoffe besteht, wodurch jene organische Vertheilung wesentlich bestimmt wird.

Diese Stoffbildung bleibt bei den niederen Pflanzengattungen aus Mangel an hinlänglicher Verarbeitung auf einer gleichsam niederen Stufe stehen, und erst in der höher ausgebildeten Pflanzenwelt tritt mit der größeren Vollkommenheit und Zusammensetzung der inneren Organisation die Mannichfaltigkeit und größere Eigenthümlichkeit organischer Stoffbildung hervor. Selbst Moose, Algen, Pilze u. dgl., obgleich sie auf einer niederen Entwickelungsstufe zurückbleiben, hängen doch hinsichtlich ihrer Existenz so eng mit den äußeren Bedingungen zusammen, daß bei Ermangelung einer derselben ihr vegetabilisches Leben aufhört. Bei ihnen bleibt jene Stoffbildung fast einzig und allein bei der Schleimbildung mit wenig specifischen Qualitäten stehen.

Hohes Interesse und Vergnügen gewährt es, zu sehen, wie aus den Pflanzenoxyden allmählig die Elementarorganismen vermittelst der Bläschen- und Zellenbildungen durch die Verbindung des Festen mit dem Flüssigen entstehen, und z. B. die Bildung von den Steinflechten, Algen, Moosen, Lichenen, Farrenkräutern u. s. w. zu den Gräsern, Zwiebelgewächsen, Lilien, Palmen und überhaupt zu den öl- und gewürzreichen Gewächsen, als Pfefferarten, Amaranthen, und endlich zu den zusammengesetzten Blumen oder Nelken, Sternpflanzen, Geranien u. s. w. übergeht. Man sieht endlich, wie bei den Gräsern, selbst bei denen in tropischen Formen, sich ohne Ausnahme nur Zucker- und Mehlbildung zeigt; wie sich dagegen in den Liliengewächsen die Schleimbildung im Allgemeinen mit wenig hervortretender Schärfe und Bitterkeit kund macht; wie in den Palmen jene Stoffbildung bis

Digitized by Google

zur Zucker- und Ölbildung geht, und wie zuletzt in der Blumenbildung, in den ätherischen Ölen, Harzen, in dem Gummi und in anderen specifischen Verschiedenheiten in den vielen Gewürzen, Arzneien und Giften, zuletzt aber mit der vollendeteren Organisation in den Dikotyledonen oder Ringpflanzen die größte Mannichfaltigkeit in den Stoffen hervortritt.

Manche Reizmittel wirken auf die organische Kraft und Materie nur in so fern ein, als letztere von der Thätigkeit jener abhängig ist; manche, z. B. das Licht, steigern die Thätigkeit aller Organe in fast gleichem Maaße und vermehren die Consumtion an Lebensstoffen und die Lebensäusserung selbst. Unter anderen können die Ölgewächse, in welchen die Stoffbildung sehr hoch geht, nur unter besonderer und starker Vermittelung des Lichtes diejenige Menge von Sauerstoff entdunsten, welcher mit Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor und Metallen verbunden ist.

Aus sämmtlichen Nachweisungen über Nahrungsverhältnisse aus dem Boden und der atmosphärischen Luft, über Aufnahme und Verarbeitung, Umwandlung und Assimilirung der materiellen und gasförmigen Substanzen vermittelst der inneren Lebenskraft der Pflanzen und der elektrochemischen Processe geht im Allgemeinen klar hervor:

I. Daß das ausgezeichnetste Moment des Gesammt-Pflanzenlebens in der vorwaltenden, auf ihre organische Grundthätigkeit periodisch bezogenen Selbstproduktion besteht; da jedes organische Feste eine innige Vereinigung des Tropfbaren, Gasigen und Festen selbst ausmacht, deren Arten eben so verschieden sind, als das organische Wachsen sich darstellt und

II. daß das ganze vegetabilische Leben mit den sogenannten Hauptelementen der Natur im engsten Verkehre steht;

1) mit der Erde, als Standort derselben, wobei die verschiedenen Bestandtheile, physischen Eigenschaften, chemischen, elektrischen (und magnetischen) Verhältnisse einflußreich hervortreten;

Digitized by Google

2) mit dem Wasser, welches vermöge seiner physischen und chemischen Eigenschaften auf die materiellen und gasförmigen Substanzen zersetzend einwirkt und hierdurch die Ernährung der Gewächse befördert;

3) mit der Wärme und dem Lichte, im Feuer vereint hertretend, mit der Elektricität (und dem Magnetismus) als unsichtbar wirkende Stoffe oder Kräfte, welche den ganzen Weltraum durchdringen und beherrschen;

4) mit der atmosphärischen Luft durch ihre materiellen und gasförmigen Substanzen, durch jene in ihr befindlichen dynamischen Wesen und die Feuchtigkeit, das Leben, die Vertheilung, Art der Verbreitung und die verschiedenen Differenzen in dem Pflanzenleben wesentlich bedingend.

Unter dem wechselseitigen Einflusse dieser Elemente auf einander und auf das vegetabilische Leben wird durch gleichzeitiges und gleichmäßiges Zusammenwirken das in dem Samen schlummernde Leben geweckt, die junge Pflanze zur ersten Entfaltung gebracht, ihre verschiedenen Lebensperioden zu durchlaufen bestimmt, endlich der letzte Akt der Vegetation, die Fruchtreife, hervorgebracht, mit der Frucht ein anorganischer Zustand hervorgerufen, und sie selbst entweder mittelbar oder unmittelbar abgelöst. Aus allen atmosphärischen Nahrungsverhältnissen folgert man die am Schlusse der 1sten Abtheilung berührten Wahrheiten, daß die Existenz der Vegetabilien theils auf eigener Lebensthätigkeit, theils auf der Wechselwirkung der verschiedenen Organe unter sich beruht; daß man die Stoffentwickelungen nicht einseitig nach den Gesetzen rein chemischer Thätigkeiten, sondern als Wirkungen ansehen muß, welche aus der organischen Verarbeitung hervorgehen und daß endlich die chemischen Qualitäten dieser Stoffe darum vernichtet werden, damit in ihnen die organische Regsamkeit hervortreten kann.

Digitized by Google

Verbesserungen.

Seite	81	Zeile	3	von	unten	streiche 5 weg.
„	101	„	1	„	oben	statt Zeiten lese Zwecken.
„	104	„	2	„	„	verschieden lese verschiedenen
„	108	„	15	„	„	augenscheinlich lese augenblicklich
„	134	„	20	„	„	einer anderen „ der zweiten
„	137	„	1	„	unt.	„ einem anderen ꝛc. „ der zweiten Abtheil.
„	141	„	1	„	„	„ abgeleitet lese ableitete
„	150	„	17	„	oben	„ hervorzubringen lese hervorbringen.
„	252	„	5	„	„	„ ergehende lese ergebende
„	261	„	14	„	unt.	„ und die „ als die
„	267	„	7	„	oben	„ mittlere ꝛc. lese einen mittleren Temperaturgrad, an welchem

Digitized by Google

Neue Verlagswerke

von

Joh. David Sauerländer in Frankfurt a. M.

Wild, C. A., praktischer Universal-Rathgeber für den Bürger und Landmann. Magazin ökonomisch-technischer Erfahrungen, enthaltend Präparate der praktischen Fabriken-, Haushaltungs-, Gesundheits- und Gewerbskunde; Gegenstände der Kunst, des Luxus und des Handels. Aufs Neue gänzlich umgearbeitet von H. A. Friedrich. Fünfte, durchaus umgearbeitete, verbesserte, und mit 300 neuen geprüften Recepten vermehrte Auflage. 2 Theile, mit 2 Steintafeln und 2 Tabellen. Mit Königlich Würtembergischem Privilegium. Rthlr. 1. oder fl. 1. 48 kr.

Obgleich dieses gemeinnützige Werk bei der gänzlichen Umarbeitung und den vielen neu hinzugekommenen Abhandlungen und Recepten, 230 Seiten stärker wurde, als die 4te Ausgabe, habe ich dennoch den äusserst billigen Preis der früheren Ausgaben beibehalten, in der festen Überzeugung, daß dasselbe bei seiner jetzigen Ausstattung des ungetheilten Beifalls gewiß seyn darf. — Zur Empfehlung dieses gemeinnützigen Buches, wird es genügen, den Inhalt der beiden Bände in gedrängter Kürze hier anzugeben: Gegenstände der wirklichen oder allgemeinen Ökonomie: Blumen- und Baumzucht, Feld- und Gartenbau. — Mittel gegen alle Arten von Raub- und Nagethiere, Insekten, Unkraut und Anderes, welches dem Feld- und Gartenbau oder sonst dem Menschen Schaden bringt. — Bewahrungs- und Schutzmittel gegen alle Arten von schädlichen Einflüssen auf Gegenstände der Ökonomie, Aufbewahrungsmittel, Putzmittel, Künste und Fleckenwäscherei, Bleichmittel, Beschläge. — Faßliche Anleitung zu Untersuchungen und Prüfungen der Achtheit und Güte von Nahrungsmitteln, Handelsartikeln und Fabrikaten. — Gegenstände der Haushaltung u. Landwirthschaft; Zubereitung von Nahrungsmitteln: Einmachen der Früchte. Warme Getränke, Zucker- und andere Backwerke, Geleen, Muße, Gefrornes, Syrope und Ähnliches zu bereiten. Bereitung von Liqueren, Essenzen, Tincturen und abgezogenen Wassern. Wohlriechende Wasser, Parfüms, Rauchwerke, feine Seifen, Pomaden, Öle, Schminken und Ähnliches zu bereiten. Chocoladebereitung. — Physikalische Unterhaltungen. —

I. Über Bereitung einiger geistigen Flüssigkeiten. II. Einige Erfahrungen über Behandlung der Weine, Nachahmung fremder Weine. Fruchtweine. III. Essigbereitung. IV. Über Gegenstände der Färberei: A. Färberei von Wollenzeugen, B. Baumwollenzeugen, C. seidnen und D. leinenen Zeugen. V. Bereitung

Digitized by Google

von Malerfarben. A. Saftfarben. B. Lackfarben. C. Lederfärberei. VI. Einige nützliche Vorschriften zur Verfertigung von Beitzen, Metallcompositionen, Bleistiften und Reißfedern, als Nachtrag zur Färberei und Bereitung von Malerfarben. VII. Firnisse, Lacke und Politüren aller Art zu bereiten und anzuwenden, als: A. Firnisse mit fettem Öl, B. Weingeistfirnisse, C. Firnisse mit ätherischem Öl, D. Aetherfirnisse, E. Lederlacke und Färbungen, F. Wachstaffetfirnisse. VIII. Vorschriften zu Siegellacken. IX. Bereitung von Wichse, Wachsseife, Bahnwachs und Ähnlichem. X. Vorschriften zu Mörteln, Kitten und Löthungen, so wie über den Gyps und seine technischen Anwendungen. XI. Vorschriften zu Tinten aller Art und zu Tintenpulver.

Anweisung zur Bereitung und Anwendung von Mitteln gegen nachtheilige Wirkungen auf die Gesundheit und das Leben der Menschen. I. Nicht ungewöhnlichen Krankheits-Zufällen durch innerliche und äußerliche Mittel zu begegnen. II. Kurze und faßliche Anleitung zur Anwendung und zum Gebrauche von Mitteln in außerordentlichen, das Leben oder die Gesundheit bedrohenden Zufällen.

Gegenstände aus dem Gebiete der Viehzucht und Thierheilkunde. I. Von den Pferden. II. Von dem Rindvieh. III. Einige Krankheiten andrer Hausthiere.

Ich glaube noch hinzufügen zu müssen, daß wegen gänzlicher Umarbeitung und genauer Prüfung der Recepte von Seiten des neuen Herausgebers, den Besitzern der früheren Ausgaben, so wie des Stuttgarter Nachdrucks, diese Ausgabe, welche um 230 Seiten stärker als die obenangeführten ist, von wesentlichem Nutzen und sehr willkommen seyn wird. — Das alphabetische Sachregister besteht aus 32 enggedruckten Spalten, und das ganze Werk aus 780 Seiten, ohne die Lithographieen und Tabellen. Diese Angabe wird hinreichen, Jedermann von der Reichhaltigkeit des Buches und außerordentlichen Billigkeit des Preises zu überzeugen.

Clark, Bracy, ***Hippodonomia,*** oder der wahre Bau, die Naturgesetze und Einrichtung des Pferdefusses; und ***Podophthora,*** oder die durch angestellte Versuche erwiesene schädliche Behandlung der bisher gewöhnlichen Hufeisen, nebst Vorschlägen zu einer, durch vielfältige Erfahrungen bewährt gefundenen neuen ***Beschlagsmethode.*** Mit 21 lithographirten Tafeln. Nach der zweiten Auflage aus dem Englischen übersetzt. gr. 8. Rthlr 2. 20 Sgr. oder fl. 4. 48 kr.

Dieses Werk ist die Frucht eines dreißigjährigen Studiums des, für diese Wissenschaft mit glühendem Eifer beseelten Verfassers, und für jeden Pferdebesitzer, Pferdearzt und Schmiede vom höchsten Interesse. Die Methode wurde, nach vorhergegangener genauer Prüfung, in England und Frankreich bei sämmtlichen Kavalleriepferden, so wie auch bereits in einigen Theilen Deutschlands, mit dem glücklichsten Erfolg angewendet.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google